



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2016

---

## **Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme BAM: Grundlagen**

Baumgartner, Andreas ; Artho, Jürg ; Vogel, Urs

Other titles: Forschungsprojekt FP-2.6

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-135912>

Published Research Report

Published Version

Originally published at:

Baumgartner, Andreas; Artho, Jürg; Vogel, Urs (2016). Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme BAM: Grundlagen. Zürich: Energieforschung Stadt Zürich.



Themenbereich Gebäude

Benutzergerechte  
Assistenz- und  
Motivationssysteme  
BAM (Vorstudie)

Forschungsprojekt FP-2.6  
Bericht, Juni 2016

33

2011

2012

2013

2014

2015

**2016**

2017

2018

2019

2020

**Auftraggeber**

Energieforschung Stadt Zürich  
Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

**Auftragnehmer**

Amstein + Walther AG, Andreastrasse 11, 8050 Zürich, [www.amstein-walther.ch](http://www.amstein-walther.ch)  
Universität Zürich, Sozialforschungsstelle, Binzmühlestrasse 14 / Box 13, 8050 Zürich

**Autorinnen und Autoren**

Andreas Baumgartner, Amstein+Walther (Projektleitung)  
Dr. Jürg Artho, Universität Zürich, Sozialforschungsstelle  
Urs Vogel, Amstein+Walther

**Begleitgruppe**

Annette Aumann, Amt für Hochbauten (AHB)  
Bruno Bébié, Energiebeauftragter der Stadt Zürich (DIB) (seit November 2015)  
Mevina Feuerstein, ewz (seit Dezember 2015)  
Christine Kulemann, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)  
Alex Martinovits, Stadtentwicklung Zürich (STEZ)  
Alex Nietlisbach, AWEL  
Sandra Nigsch, Amt für Städtebau (AFS)  
Toni W. Püntener, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)  
Dr. Urs Rey, Statistik Stadt Zürich (SSZ)  
Marcel Thoma, ewz (bis November 2015)  
Marcel Wickart, ewz

Das Projekt wurde durch Marcel Wickart (ewz), sowie bis Januar 2016 durch Toni W. Püntener (UGZ) und ab Januar 2016 durch Dorothée Dettbarn (UGZ) betreut.

**Zitierung**

Baumgartner A., Artho J. & Vogel U. 2016: Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme (BAM). Energieforschung Stadt Zürich, Bericht Nr. 33, Forschungsprojekt FP-2.6

Für den Inhalt sind alleine die Autorinnen und Autoren verantwortlich. Der vollständige Bericht kann unter [www.energieforschung-zuerich.ch](http://www.energieforschung-zuerich.ch) bezogen werden.

**Kontakt**

Energieforschung Stadt Zürich  
Geschäftsstelle  
c/o econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich  
[reto.dettli@econcept.ch](mailto:reto.dettli@econcept.ch) 044 286 75 75

**Titelbild**

Luca Zanier, Zürich



# Energieforschung Stadt Zürich

Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Energieforschung Stadt Zürich ist ein auf zehn Jahre angelegtes Programm und leistet einen Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft. Dabei konzentriert sich Energieforschung Stadt Zürich auf Themenbereiche an der Nahtstelle von sozialwissenschaftlicher Forschung und der Anwendung von neuen oder bestehenden Effizienztechnologien, welche im städtischen Kontext besonders interessant sind.

Im Auftrag von ewz betreiben private Forschungs- und Beratungsunternehmen sowie Institute von Universität und ETH Zürich anwendungsorientierte Forschung für mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Die Forschungsergebnisse und -erkenntnisse sind grundsätzlich öffentlich verfügbar und stehen allen interessierten Kreisen zur Verfügung, damit Energieforschung Stadt Zürich eine möglichst grosse Wirkung entfaltet – auch ausserhalb der Stadt Zürich. Geforscht wird zurzeit in zwei Themenbereichen.

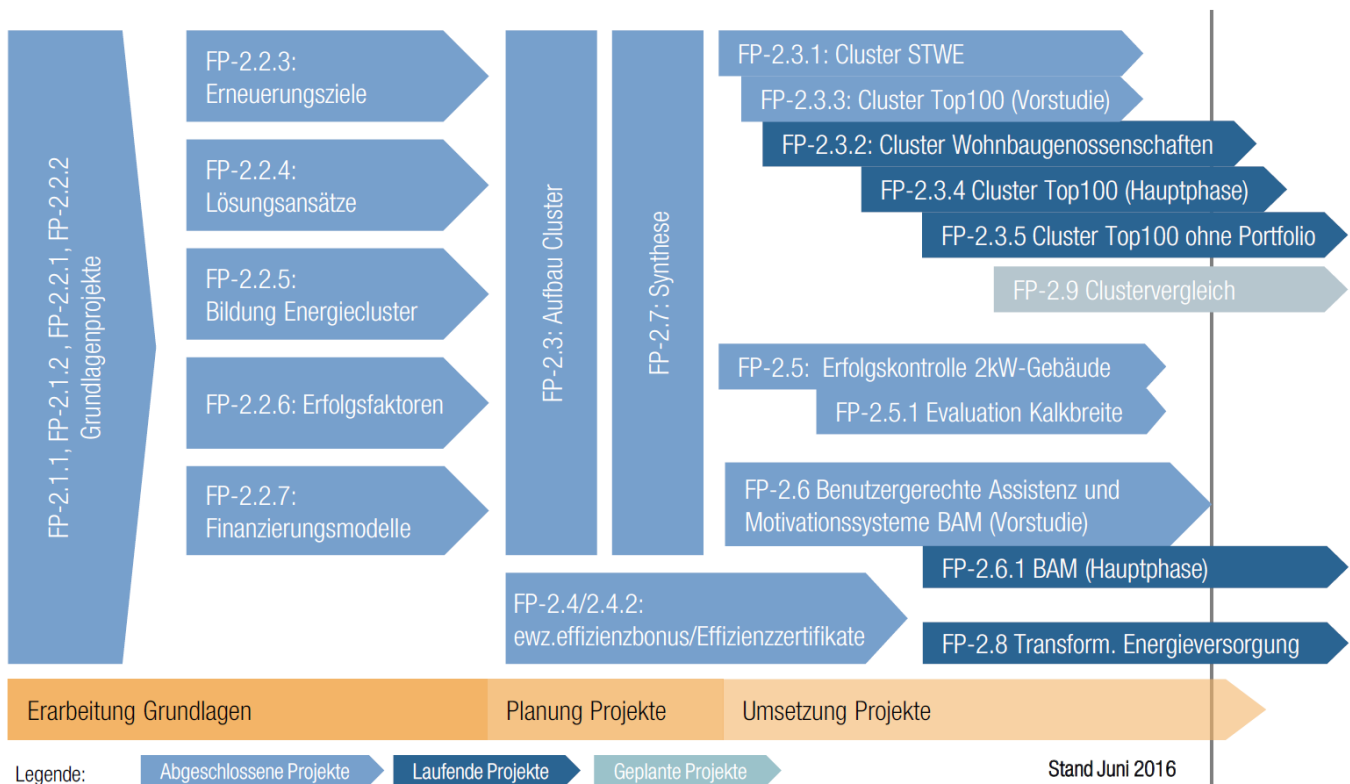
## Themenbereich Haushalte

Der Themenbereich Haushalte setzt bei den Einwohnerinnen und Einwohnern der Stadt Zürich an, die zuhause, am Arbeitsplatz und unterwegs Energie konsumieren und als Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in vielerlei Hinsicht eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft einnehmen. Dabei werden insbesondere sozialwissenschaftliche Aspekte untersucht, die einen bewussten Umgang mit Energie fördern oder verhindern. In Feldversuchen mit Stadtzürcher Haushalten wird untersucht, welche Hemmnisse in der Stadt Zürich im Alltag relevant sind und welche Massnahmen zu deren Überwindung dienen.

## Themenbereich Gebäude

Der Themenbereich Gebäude setzt bei der Gebäudeinfrastruktur an, welche zurzeit für rund 70 Prozent des Endenergieverbrauchs der Stadt Zürich verantwortlich ist. In wissenschaftlich konzipierten und begleiteten Umsetzungsprojekten sollen zusammen mit den Eigentümerinnen und Eigentümern sowie weiteren Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern Sanierungsstrategien für Gebäude entwickelt und umgesetzt werden, um damit massgebend zur Sanierung und Erneuerung der Gebäudesubstanz in der Stadt Zürich beizutragen. Im Vordergrund stehen die Steigerung der Energieeffizienz im Wärmebereich und die Minimierung des Elektrizitätsbedarfs.

## Übersicht und Einordnung der Forschungsprojekte (FP) im Themenbereich Gebäude



# Inhalt

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2 Ausgangslage</b>	<b>9</b>
2.1 Energieforschung Stadt Zürich	9
2.2 Begriffsdefinitionen	9
2.3 Handlungsfeld und generelle Forschungsfrage	10
<b>3 Methodik</b>	<b>11</b>
3.1 Projektaufbau	11
3.2 Fragestellung und Methodik der Vorstudie	11
3.3 Berichtaufbau	12
<b>4 Potentialanalyse</b>	<b>12</b>
4.1 Einflusspotential der Benutzenden auf den Energieverbrauch	12
4.2 Streuung und Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauchs	14
4.3 Potentiale der Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauches	17
4.4 Definition der zu untersuchenden Verwendungszwecke	19
<b>5 Grundlagen der Hemmnisanalyse</b>	<b>20</b>
5.1 Mensch-Maschine-System	20
5.2 Sozialpsychologisches Handlungsmodell	22
<b>6 Hemmnisanalyse</b>	<b>23</b>
6.1 Festlegungen	23
6.2 Wärme für Raumheizung	26
6.3 Wärme für Warmwasser	33
6.4 Haushaltstrom	36
6.5 Auswertung der spezifischen Hemmnisse	41
6.6 Übergeordnete Hemmnisse	43
<b>7 Auswahl der Instrumente</b>	<b>48</b>
<b>8 Beantwortung der Fragestellung Vorstudie</b>	<b>49</b>
<b>9 Design für einen Feldversuch</b>	<b>50</b>
9.1 Forschungsansatz	50
9.2 Instrumentenauswahl für den Feldversuch	51
<b>Anhang 1: Zuordnung von Instrumenten zu den Hemmnissen</b>	<b>53</b>
<b>Anhang 2: Verwendete Literatur</b>	<b>57</b>

# 1 Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt untersucht synergetische Instrumente aus den Bereichen Technik und Kommunikation zur Förderung des energieeffizienten Benutzungsverhaltens in Wohnungen. Die Umsetzung des Projekts erfolgt mittels einer Vorstudie und einer Hauptstudie. Die Vorstudie beantwortet aufgrund von theoretischen Überlegungen und der Analyse der technischen und sozialpsychologischen Hemmnisse, welche das energiesparende Verhalten der Benutzenden behindern können, die Frage, mit welcher Kombination von Instrumenten der Technik und der Kommunikation das energieeffiziente Benutzungsverhalten wirkungsoptimiert gefördert werden kann. Mit der Hauptstudie wird darauf folgend in einem Feldversuch das Zusammenwirken von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten in einem realen Setting untersucht.

Mit dem Akronym „BAM“ wird der Einsatz von zusammenwirkenden (synergetischen) Instrumenten aus den Bereichen Technik und Kommunikation als „Benutzergerechtes Assistenz- und Motivationssystem“ bezeichnet. Ein BAM-System umfasst somit stets eine Kombination von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten, welche eine Person bei der Motivation für energiesparendes Benutzungsverhalten und bei der konkreten Umsetzung der dazu erforderlichen Verhaltensweisen unterstützen (assistieren).

Als *Technische Instrumente* werden Installationen und Geräte bezeichnet, welche durch ihre Funktion allein – z.B. automatische Abschaltsteuerung bei Nichtbenutzung – oder als Grundlage für Kommunikationsinstrumente – z.B. Verbrauchsmessung und Anzeigen des Energieverbrauchs – eine Wirkung entfalten können.

Als *Kommunikationsinstrumente* werden solche bezeichnet, welche eine Verhaltensoptimierung ohne technische Hilfsmittel anstreben oder darauf abzielen, die Wirkung eines technischen Instruments gezielt zu verstärken.

Der vorliegende Bericht stellt den Abschlussbericht der Vorstudie dar. Für die Vorstudie wurden mehrere Forschungsfragen formuliert, die basierend auf den Ergebnissen unserer Arbeit wie folgt beantwortet werden:

***Welche Wirkungen können bei der konkreten Anwendung der beschriebenen BAM-Systeme erwartet werden?***

Bei der Anwendung eines objektspezifisch zusammengestellten BAM-Systems können, aufgrund bestehender Literatur und eigenen Überlegungen wie in Kapitel 4.2 beschrieben, bis zu 15% Energieeinsparungen bei den Verwendungszwecken Wärme für Raumheizung und Wärme für Warmwasser sowie bei Wäsche-Waschen und Trocknen erwartet werden. Für das Teilsystem Beleuchtung und Geräte ist die Erwartung mit bis zu 25% etwas höher.

Diese Prognose gilt für die maximale Intensität der BAM-Massnahmen und für den Mittelwert von mehreren Wohnungen eines Gebäudes im Vergleich zu einer Benutzung ohne BAM-System. Für eine einzelne Wohnung, beziehungsweise pro Person können durchaus noch grössere aber auch geringere Erfolge erwartet werden.

***Welche Wirkungen können für ausschliesslich technische Instrumente bzw. ausschliesslich Kommunikationsinstrumente bzw. für kombinierte Massnahmenpakete erwartet werden?***

Aufgrund der Ergebnisse der Vorstudie kann diese Frage noch nicht abschliessend beantwortet werden. Sie ist explizit Gegenstand der vorgeschlagenen Feldforschung in der Hauptstudie. Die Verfasser gehen davon aus, dass technische Instrumente ohne die Begleitung und Unterstützung durch Kommunikationsinstrumente nur einen geringen Wirkungsanteil erzielen. Demzufolge ist der grössere Wirkungsanteil den Kommunikationsinstrumenten allein beziehungsweise in Kombination mit technischen Instrumenten zuzuordnen.

***Wie nachhaltig sind die erwarteten Effekte?***

Für die erwartete Wirkung der BAM-Massnahmen wird der Begriff *Massnahmen-Elastizität* eingeführt. Dies drückt aus, dass einerseits die Wirkung von der Intensität der BAM-Massnahmen abhängig ist und die erzielten Einsparungen bei einem Nachlassen der Massnahmen-Intensität wieder verschwinden. Ein starkes Indiz für die flüchtige Wirkung von Massnahmen sind die Resultate der Hemmnisanalyse, welche Gewohnheit und fehlende Disziplin als sehr relevante Hemmnisse für energieeffiziente Verhaltensweisen identifiziert hat. In welcher Intensität die Instrumente, insbesondere auf der kommunikativen Ebene, zur Aufrechterhaltung der Wirkung stetig weiter angewendet werden müssen, soll als Forschungsfrage in der Hauptstudie weiter untersucht werden.

***Welche Empfehlungen lassen sich aus den Ergebnissen hinsichtlich der Optimierung sowohl der Technik als auch der Kommunikation ableiten?***

In Bezug auf die Technik wird die Umsetzung der in der Vorstudie identifizierten Instrumente zur Gewährleistung von optimierten technischen Rahmenbedingungen auf jeden Fall empfohlen. Weitere technische Instrumente werden stets in Kombination mit Kommunikationsinstrumenten eingesetzt und unterstützen diese. Als Grundlage für die vorgesehene Feldstudie ist eine zielführende Auswahl von Instrumenten in Kapitel 9.2 des vorliegenden Berichts erläutert. Die Frage nach der Optimierung der Instrumente kann abschliessend jedoch nur am konkreten Beispiel und nach weiterer Forschung beantwortet werden.

Die Resultate der Vorstudie wurden über die drei Schritte Potentialanalyse, Hemmnisanalyse und Auswahl der Instrumente erarbeitet.

### **Potentialanalyse**

Mit der Potentialanalyse werden die in der Hauptstudie zu berücksichtigenden Verwendungszwecke definiert und die typischen Energieverbräuche je Verwendungszweck sowie die zu erwartenden Wirkungsbreiten von BAM-Systemen quantifiziert. Die zu untersuchenden Verwendungszwecke sind wie folgt definiert:

- Wärme für Raumheizung: Dieses Teilsystem umfasst die Aspekte *Raumtemperatur, solare Gewinne und Lüftungsverhalten*.
- Wärme für Warmwasser: Das Teilsystem *Wärme für Warmwasser* umfasst den Warmwasserbedarf primär für die Körperpflege.
- Haushaltstrom: Innerhalb des Verwendungszwecks Haushaltstrom wurden die zwei Subsysteme *Waschen & Trocknen* sowie *Beleuchtung & Geräte* zur weiteren Betrachtung ausgewählt.

Das nicht berücksichtigte Teilsystem Kochen ist in sich sehr komplex und sehr stark von der individuellen Lebenssituation und Esskultur geprägt. Zudem sind wesentliche Anteile des Energieverbrauches für das Kochen und vor allem auch Kühlen und Gefrieren, vorrangig von der Effizienz der Geräte abhängig und weit weniger vom Benutzungsverhalten. Die Verfasser erachten eine vertiefte Behandlung des Teilsystems Kochen inkl. Geschirrwaschen, Kühlen und Gefrieren auch in Bezug auf die spätere Untersuchung in einem Feldversuch deshalb als nicht zielführend.

Die für die weitere Untersuchung definierten Verwendungszwecke Raumheizung, Warmwasser und Haushaltstrom (ohne Kochen) umfassen zwischen 80% (bei einem Neubau) und 90% (bei Bestandsbau) des gesamten Endenergieverbrauches einer Wohnung.

### **Hemmnisanalyse**

Die Hemmnisanalyse ist die Grundlage für die Auswahl von geeigneten Instrumenten, mit denen das energiesparende Benutzungsverhalten gezielt gefördert werden kann. Die Hemmnisanalyse wurde daher als systematische Prüfung von möglichen Ursachen, die ein energiesparendes Benutzungsverhalten im Haushalt behindern können, durchgeführt.

Als Grundlage für die Hemmnisanalyse wurde für jeden der mit der Potentialanalyse definierten Verwendungszwecke eine generelle Aufgabe zur Reduktion des Energieverbrauches formuliert, aus der eine oder mehrere Zielverhaltensweisen abgeleitet wurden. Basierend auf der Festlegung einer durchschnittlichen technischen Ausstattung eines typischen Haushaltes wurde für jede der total 16 Zielverhaltensweisen ein



Prozessdiagramm erstellt. Für jeden Prozessschritt wurden dann die möglichen Hemmnisse analysiert und nach Relevanz beurteilt. Die Hemmnisse wurden in technische Hemmnisse und Hemmnisse im Bereich des Wollens, des Könnens oder des Tuns (Artho et al., 2012) kategorisiert. Die Beurteilung erfolgte innerhalb des Forschungsteams unabhängig voneinander. Stark abweichende Beurteilungen wurden im Forschungsteam diskutiert und bereinigt.

Hemmnisse, welche nur für eine einzelne Zielverhaltensweise im entsprechenden Kontext relevant sind, werden als spezifische Hemmnisse bezeichnet. Technische Hemmnisse werden immer als spezifisch eingestuft. Mit der Hemmnisanalyse wurde erkannt, dass es Hemmnisse gibt, welche für alle Zielverhaltensweisen gleichermassen gelten. Diese werden als übergeordnete Hemmnisse bezeichnet. Die Hemmnisanalyse behandelt zuerst die spezifischen Hemmnisse und dann die übergeordneten Hemmnisse.

### Auswertung der spezifischen Hemmnisse

Gesamthaft wurden 104 spezifische Hemmnisse gefunden. Aus der Auswertung geht hervor, dass die spezifischen Hemmnisse breit über die Verwendungszwecke verteilt sind. Sie finden sich bei allen Zielverhaltensweisen und auch bei allen Bereichen des sozialpsychologischen Handlungsmodells.

Auffällig ist, dass die deutliche Mehrheit der spezifischen Hemmnisse (63 von 104) dem Bereich des Wollens zugeordnet sind. Bei diesen Hemmnissen handelt es sich sehr häufig um Befürchtungen der Handlungskonsequenzen z.B. Unbehaglichkeit bei reduzierter Raumtemperatur, Komfortbeeinträchtigung bei reduzierter Warmwasserverwendung oder Befürchtungen über einen zu hohen zeitlichen oder mentalen Aufwand bei der Befolgung der vorgeschlagenen, energiesparenden Verhaltensweisen.

Im Bereich Können und Tun hat es nur wenige spezifische Hemmnisse. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Hemmnisse in diesen beiden Bereichen vor allem Verwendungszweck-übergeordnet sind – beispielsweise fehlendes Handlungswissen, Gewohnheit, Disziplin – und bei den spezifischen Hemmnissen nicht aufgeführt sind.

18 Hemmnisse wurden als hemmende Rahmenbedingungen identifiziert. Diese Hemmnisse können mehrheitlich durch bauliche Massnahmen beseitigt werden und sollten bei einem Neubau oder nach einer zeitgemässen Erneuerung des Gebäudes keine Bedeutung mehr haben. Eine Ausnahme ist die mangelnde Besonnung des Gebäudes durch Verschattung von Nachbargebäuden oder den Horizont (Berge), eine Ursache, die nicht behoben werden kann.

### Auswertung der übergeordneten Hemmnisse

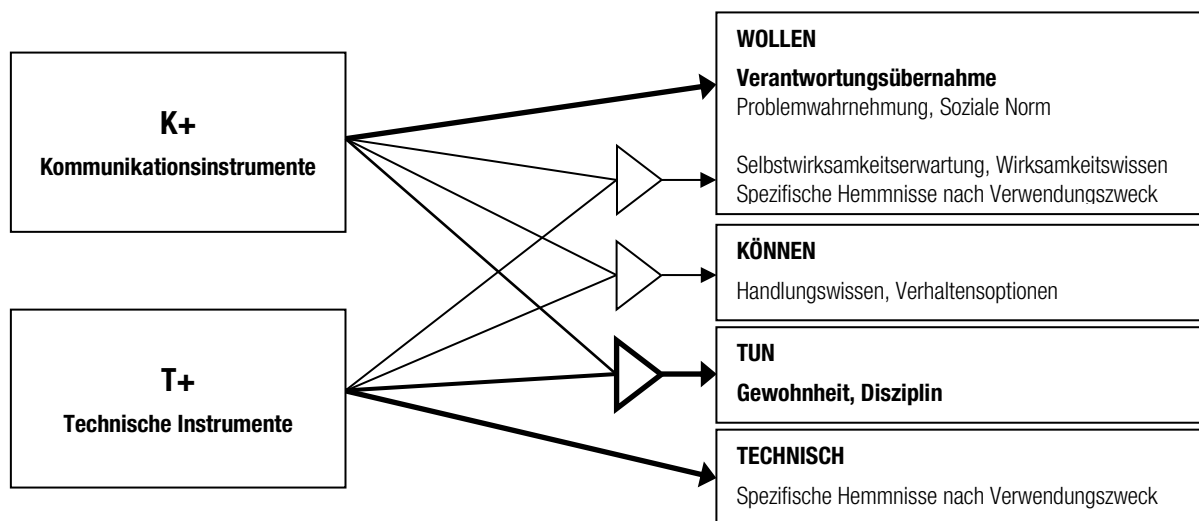
Im Bereich Wollen ist die *ungenügende Verantwortungsübernahme* resp. Verantwortungsabschiebung auf andere Akteure als stärkstes übergeordnetes Hemmnis identifiziert. Zusammen mit der Vielzahl der spezifischen Hemmnisse, siehe oben, ist dem Bereich Wollen somit die grösste Beachtung zu schenken.

Aus dem Bereich Tun sind diejenigen Hemmnisse, welche bei allen Verwendungszwecken und allen Zielverhaltensweisen am relevantesten sind, die *Gewohnheiten*, welche dazu führen, dass Absichten vergessen gehen und daher nicht umgesetzt werden sowie *fehlende Disziplin*, welche die gleiche Auswirkung wie Gewohnheiten hat.

### Auswahl der Instrumente für ein konkretes BAM-System

Das Ziel für die Instrumentenauswahl eines konkreten BAM-Systems besteht darin, mit möglichst wenigen Instrumenten, die relevantesten Hemmnisse möglichst wirksam abzuschwächen resp. ganz zu eliminieren. Eine detaillierte Zuordnung von geeigneten Instrumenten zu den einzelnen Hemmnissen ist als Tabelle im Anhang 1 zum Schlussbericht der Vorstudie zusammengestellt.

Instrumente für die Minderung spezifischer Hemmnisse sind stets auf den konkreten Fall bezogen zu wählen. Die Ausgestaltung der Instrumente sollte daher stets aufgrund einer Analyse der konkreten Problemstellung erfolgen. Das folgende Schema zeigt, stark vereinfacht, die wesentlichen Beziehungen zwischen Instrumenten und Hemmnissen, die bei der Instrumentenauswahl zu beachten sind.



Schema der Zuordnung von Instrumenten zu den Hemmnissen (A+W, UZH)

Die fehlende Verantwortungsübernahme, ein stark relevantes übergeordnetes Hemmnis, kann nur mit Instrumenten der Kommunikation bearbeitet werden. Als Instrumente sind Verpflichtungen im Rahmen von Zielvereinbarungen und das Aufzeigen von Vorbildern zu wählen.

Den ebenfalls stark relevanten übergeordneten Hemmnissen der Gewohnheit und der fehlenden Disziplin kann dagegen mit einer Kombination aus sich in der Wirkung verstärkenden Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten begegnet werden. Aus dem Bereich Kommunikation kommen hier Merkblätter und Erinnerungen an Zielvorgaben zum Einsatz, die mit Rückmeldungen aus dem technischen System (Feedback) über die unmittelbare Wirkung des Benutzungsverhaltens und zum energierelevanten Betriebszustand der benutzten Geräte und Anlagen verstärkt werden.

Einer grossen Zahl der spezifischen Hemmnisse kann ebenfalls mit einer sich in der Wirkung verstärkenden Kombination von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten begegnet werden. Mit technischen Instrumenten kann z.B. die alltägliche Bedienung der Raumtemperaturregelung erleichtert werden während zusätzlich mit Kommunikationsinstrumenten die in Bezug auf die Energieeffizienz optimalen Einstellungen mitgeteilt und individuelle Beratung und Optimierung angeboten und durchgeführt werden kann.

Nicht zuletzt können ausschliesslich technische Instrumente zur gezielten Eliminierung von konkreten technischen Hemmnissen eingesetzt werden.

### Design für eine Feldstudie

Um die in der Vorstudie erarbeiteten Ergebnisse überprüfen zu können, wird für die Hauptstudie ein Feldexperiment mit zwei Faktoren à je zwei Ausprägungen vorgeschlagen, woraus vier Versuchsgruppen resultieren. Die vier Versuchsgruppen werden durch die zwei Faktoren 'technische Instrumente' und 'Kommunikationsinstrumente' gebildet:

#### Faktor technische Instrumente:

- Standard Technik (T0): Die infrastrukturelle und technische Ausstattung der Wohnungen entspricht einem üblichen Standard, welcher heutzutage von institutionellen Immobilienbesitzenden erstellten Wohnbauten im Segment der oberen Mittelklasse verbaut wird. Es werden keine speziellen technischen Instrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.
- Paket 'Technik Plus' (T+): Die infrastrukturelle und technische Ausstattung der Wohnungen erleichtert gegenüber der Ausstattung T0 energiesparendes Verhalten der Bewohnenden und ermöglicht

z.B. durch Messung und Anzeige des Energieverbrauches zusätzliche Kommunikationsinstrumente wie Selbstverpflichtungen und quantitative Zielvereinbarungen.

*Faktor Kommunikationsinstrumente:*

- Standard Kommunikation (K0): Die Standard Kommunikation entspricht der üblichen Kommunikation zwischen Liegenschafts-Verwaltung und den Mieterinnen und Mietern. Es werden keine zusätzlichen Kommunikationsinstrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.
- Paket 'Kommunikation Plus' (K+): Es werden gezielt und wiederholt zusätzliche Kommunikationsinstrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.

In der folgenden Tabelle ist das Forschungsdesign grafisch dargestellt. Die Wohnungen resp. die dazugehörigen Personen werden als Untersuchungseinheiten einer der vier Versuchsgruppen zugeordnet.

Forschungsdesign mit zwei Faktoren mit je zwei Ausprägungen		Faktor technische Instrumente	
		T0: Standard Technik	T+: 'Technik Plus'
Faktor Kommunikationsinstrumente	K0: Standard Kommunikation	K0/T0 Kontrollgruppe	K0/T+ Experimentalgruppe
	K+: Paket 'Kommunikation Plus'	K+/T0 Experimentalgruppe	K+/T+ Experimentalgruppe

Darstellung des Forschungsdesigns der Hauptstudie (A+W, UZH)

Die Akquisition geeigneter Immobilien für den Feldversuch stellte sich trotz dem Einbezug verschiedener städtischer Stellen als sehr schwierig heraus. Letztlich konnte mit CS REAM (Credit Suisse Real Estate Asset Management) eine Eigentümerin der Privatwirtschaft gefunden werden, die bereit ist, zwei sehr gut geeignete Gebäude für den Feldversuch zur Verfügung zu stellen. Ein Gebäude steht in der Stadt Zürich und eines in Wädenswil.

Die Instrumente, welche in der Hauptstudie eingesetzt werden sollen, sind im Kapitel 9.2 informativ zusammengestellt. Letztlich ist die Besitzerin der Immobilien für die Auswahl und Umsetzung der Instrumente verantwortlich. Aus diesem Grund sind im Laufe der Detailplanung der Hauptstudie noch Änderungen möglich. Auf jeden Fall müssen die ausgewählten Instrumente in der Konzeptionsphase der Hauptstudie noch konkretisiert werden.

Mit dem vorliegenden Schlussbericht der Vorstudie sind die Grundlagen für die Hauptstudie erarbeitet worden. Der Projektantrag für die Hauptstudie 'Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme' wurde dem Steuerungsausschuss von Energieforschung Zürich im Februar 2016 eingereicht.

## 2 Ausgangslage

### 2.1 Energieforschung Stadt Zürich

*Energieforschung Stadt Zürich (EFZ)* ist ein auf 10 Jahre angelegtes Forschungsprogramm zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien innerhalb des Gebäudeparks der Stadt Zürich. Im Rahmen des Forschungsprogramms werden Forschungsprojekte durch Arbeitsgemeinschaften von privaten Forschungs- und Beratungsunternehmen, Instituten der Universität Zürich und der ETH Zürich im Auftrag des ewz umgesetzt.

Die Leitlinien von *EFZ* orientieren sich an den Zielsetzungen der 2000-Watt-Gesellschaft. Die Forschung konzentriert sich auf die zwei Themenbereiche *Haushalte* und *Gebäude* und findet direkt an der Nahtstelle zwischen sozialwissenschaftlicher Untersuchung und der Anwendung neuer oder bestehender Effizienztechnologien statt.

Während der Themenbereich *Haushalte* bei den Einwohnerinnen und Einwohnern der Stadt Zürich ansetzt, widmet sich der Themenbereich *Gebäude* dem Gebäudepark der Stadt, welcher zurzeit für rund 70 Prozent des Energieverbrauchs auf dem Gebiet der Stadt Zürich verantwortlich ist.

Im Vordergrund des Themenbereichs *Gebäude* stehen die Steigerung der Energieeffizienz im Wärmebereich, die Minimierung des Elektrizitätsbedarfs und der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Erhaltung einer hohen Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger.

Das Projekt 'Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme' ist an der Nahtstelle der zwei Themenbereiche, Haushalte und Gebäude, positioniert.

### 2.2 Begriffsdefinitionen

#### 2.2.1 Benutzergerechtes Assistenz- und Motivationssystem (BAM-System)

Mit dem Akronym „BAM“ wird der Einsatz von zusammenwirkenden (synergetischen) Instrumenten aus den Bereichen Technik und Kommunikation als „Benutzergerechtes Assistenz- und Motivationssystem“ bezeichnet. Ein BAM-System umfasst somit stets eine Kombination von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten, welche eine Person bei der Motivation für energiesparendes Benutzungsverhalten und bei der konkreten Umsetzung der dazu erforderlichen Verhaltensweisen unterstützen (assistieren).

Als *Technische Instrumente* werden Installationen und Geräte bezeichnet, welche durch ihre Funktion allein – z.B. automatische Abschaltsteuerung bei Nichtbenutzung – oder als Grundlage für Kommunikationsinstrumente – z.B. Verbrauchsmessung und Anzeigen des Energieverbrauchs – eine Wirkung entfalten können.

Als *Kommunikationsinstrumente* werden solche bezeichnet, welche eine Verhaltensoptimierung ohne technische Hilfsmittel anstreben oder darauf abzielen, die Wirkung eines technischen Instruments gezielt zu verstärken.

#### 2.2.2 Benutzende und Benutzungsverhalten.

In diesem Projekt werden als relevante Akteure explizit die Bewohnerinnen und Bewohner von Mietwohnungen definiert. Zur Abgrenzung von weiteren Personen, die ein Gebäude nutzen, dazu zählen im weiteren Sinne auch die Eigentümerschaft, Liegenschaftsverwaltung und Besucher, verwenden wir in diesem Projekt generell die Begriffe *Benutzende* zur Bezeichnung der Bewohner und Bewohnerinnen und *Benutzungsverhalten* als Sammelbegriff der zu untersuchenden, energierelevanten Verhaltensweisen der Benutzenden.

## 2.3 Handlungsfeld und generelle Forschungsfrage

### 2.3.1 Handlungsfeld

Die energierelevante Infrastruktur eines Wohngebäudes ist in der Regel durchaus komplex, bietet den Benutzenden aber häufig nur rudimentäre Benutzungsschnittstellen wie Ein-/Ausschalter und manuell zu bedienende Heizungsthermostaten. Insbesondere die Rückmeldungen an die Benutzenden in Bezug auf die Energieeffizienz ihres Verhaltens sind in der Regel auf die jährliche Energieabrechnung reduziert und so für eine kontinuierliche Benutzungsoptimierung und eine individuelle Verhaltenskontrolle völlig ungeeignet. Aus den Ergebnissen verschiedener Pilotprojekte, vgl. dazu Kap. 4.2, kann geschlossen werden, dass das Zur-Verfügung-Stellen von Verbrauchsfeedback alleine nicht für substanzielle Einsparungen durch eine anhaltende Veränderung des Benutzungsverhaltens ausreicht. Eine Hypothese besteht darin, dass durch die Sicherstellung von psychologischen Voraussetzungen die Verhaltensänderung verstärkt und damit die Energieverbrauchsreduktion erhöht werden kann. Die psychologischen Voraussetzungen bestehen in der Motivation, das Verhalten im Sinne von Energieeinsparungen zu ändern, in der Fähigkeit, das Verhalten ausführen zu können (z.B. Verständnis der Anzeigen und der Effekte von Regulierungen) und letztlich darin, dass Verhaltensabsichten nicht Gewohnheiten, Undisziplinerheiten oder kurzfristig wirksamen konkurrierenden Absichten zum Opfer fallen.

Zudem wurde durch Erfahrung der Verfasser in verschiedenen 'Energiespar-Projekten' mehrfach festgestellt, dass der durchaus relevante Initialeffekt bei Beginn einer Kampagne mit der Zeit wieder nachlässt. Dies ist ein Indiz dafür, dass technische Hilfsmittel und psychologische Motivation mutmasslich in Kombination und über eine längere Dauer angewendet werden müssen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Mensch sein energierelevantes Verhalten kaum anhand von technisch-physikalischen Grössen wie Energieverbrauch, Raumtemperatur, Aussenluftwechselrate und Beleuchtungsstärke reflektiert, sondern individuell unterschiedlich bewertbare und damit komplexere Grössen wie thermische Behaglichkeit, Geruchsbelastung, Lichtstimmung etc. als Ziel oder Auslöser seiner Handlungen verwendet.

Die Reduktion des Energieverbrauchs ist somit nur einer von vielen möglichen Beweggründen, welche das Benutzungsverhalten beeinflussen. Ein BAM-System muss daher immer auch die psychologischen Voraussetzungen und Mechanismen von energierelevanten Verhaltensweisen mit berücksichtigen und darf keinesfalls nur auf technische Grössen fixiert sein.

### 2.3.2 Generelle Fragestellung und Zielgruppen

Auf Basis dieser Überlegungen kann die generelle Fragestellung zu BAM-Systemen wie folgt formuliert werden:

- Welches sind die Wirkungen von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten auf das energieeffiziente Benutzungsverhalten und welche Empfehlungen für die Optimierung und die Kombination dieser Instrumente lassen sich daraus ableiten?

Mit den Ergebnissen des Forschungsprojekts erhalten die Zielgruppen Aussagen zum Wirkungspotential einzelner Instrumente, Empfehlungen für optimierte Massnahmenpakete und Hinweise für weitere Entwicklungsschritte. Als Zielgruppen für die Resultate der Studie kommen in Frage:

- Bauherrschaften / InvestorInnen, Fachpersonen Architektur und Gebäudetechnikplanung
- Firmen mit Produktentwicklung, insbesondere im Bereich von Regelgeräten und Visualisierungskomponenten
- Bewirtschaftungs- und Verwaltungsfirmen
- Installationsgewerbe, insbesondere Elektroinstallationsunternehmen
- Energieversorgungsunternehmen



## 3 Methodik

### 3.1 Projektaufbau

Das Gesamtprojekt zur Beantwortung der obengenannten Fragestellung ist in zwei Phasen, Vorstudie und Hauptstudie, geteilt. Die Vorstudie beantwortet aufgrund von theoretischen Überlegungen und der Analyse der technischen und psychologischen Hemmnisse die Frage, welche Instrumente überhaupt erforderlich sind und mit welcher Kombination von technischen und kommunikativen (psychologischen) Instrumenten das energieeffiziente Benutzungsverhalten wirkungsoptimiert gefördert werden kann.

Mit der auf die Vorstudie folgenden Hauptstudie sollen in einem realen Setting – als Feldversuch – die Synergien von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten untersucht werden. Die Hauptstudie wird in enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Akteuren durchgeführt, welche eine Immobilie für die Intervention zur Verfügung stellen bzw. diese verwalten (EigentümerIn bzw. Immobilien-Verwaltung).

Der vorliegende Projektbericht behandelt ausschliesslich die Vorstudie, d.h. die erste Phase des Gesamtprojekts. Die Ergebnisse dieser ersten Phase werden als Grundlage für die Vorbereitung der zweiten Phase, der Hauptstudie, verwendet.

### 3.2 Fragestellung und Methodik der Vorstudie

Die generelle Fragestellung aus Abs. 2.3.2 wird für die Vorstudie wie folgt weiter ausformuliert:

- Welche Reduktion des Energieverbrauches kann bei der konkreten Anwendung der beschriebenen BAM-Systeme erwartet werden?
- Welche Reduktion des Energieverbrauches kann für ausschliesslich technische Instrumente bzw. ausschliesslich Kommunikationsinstrumente bzw. für kombinierte Massnahmenpakete erwartet werden?
- Wie nachhaltig sind die erwarteten Effekte?
- Welche Empfehlungen lassen sich aus den Ergebnissen hinsichtlich der Optimierung sowohl der technischen Instrumente als auch der Kommunikationsinstrumente und deren Kombination ableiten?

Als wissenschaftlicher Ansatz wird das Energieverbrauchs-relevante Benutzungsverhalten der Bewohnenden einer Wohnung als Verhalten von Operateuren in einem Mensch-Maschine-System nach Sheridan (1974) dargestellt und mögliche Hemmnisse, welche zielführenden Verhaltensweisen entgegenstehen, werden analysiert.

Das Mensch-Maschine-System beschreibt im vorliegenden Fall die Elemente und Schnittstellen, mit denen eine Person in einer Wohnung Energieverbrauchs-relevante Aufgaben (z.B. Raumheizung) bearbeitet. Weil ein solches System per Definition immer sowohl den Menschen als auch die Technik (die Maschine) umfasst, müssen die psychologischen und technischen Aspekte von energieeffizienten Verhaltensweisen stets miteinander untersucht werden. Zu diesem Zweck wird in der Vorstudie die Realität modellhaft abgebildet, die relevanten Verhaltensweisen werden identifiziert, beschrieben und systematisch in Bezug auf technische und sozialpsychologische Aspekte analysiert.

Aufgrund dieser Überlegungen folgt das Vorgehen in der Vorstudie den drei Schritten Potentialanalyse, Hemmnisanalyse und Auswahl der Instrumente.

### 3.3 Berichtaufbau

Im anschliessenden Kapitel 4, Potentialanalyse, werden die in der Hauptstudie zu berücksichtigenden Energie-Verwendungszwecke definiert und die typischen Energieverbräuche je Verwendungszweck sowie die zu erwartenden Wirkungsbandbreiten von BAM-Systemen quantifiziert. Der Zweck der Potentialanalyse ist, die Energieverbräuche im Wohnbereich je Verwendungszweck einander gegenüberzustellen und daraus abgeleitet die theoretischen Energiesparpotenziale einzuschätzen. Nach der Beschreibung des physikalischen Modells für den Energiefluss in einem Gebäude wird die Auswahl der für dieses Projekt verwendeten Energie-Verwendungszwecke dargestellt und begründet, sowie die Energie-Sparpotenziale durch optimiertes Benutzungsverhalten aufgezeigt.

Im Kapitel 5, Grundlagen der Hemmnisanalyse, werden die technischen und sozialpsychologischen Grundlagen für die Hemmnisanalyse definiert.

In Kapitel 6 sind Zielverhaltensweisen für die Benutzenden festgelegt, welche zu einer Reduktion des Energieverbrauchs führen sollen. Für jede Zielverhaltensweise wurde aufbauend auf dem Modell des Mensch-Maschine-Systems ein Prozessdiagramm erstellt. Für jeden Prozessschritt wurden dann, basierend auf bestehender Literatur und der Erfahrung der Verfasser, mögliche Hemmnisse definiert.

Die Kapitel 6.2 bis 6.6 sind den detaillierten Analysen der Hemmnisse gewidmet, welche dem energie-sparenden Verhalten der Benutzenden entgegenstehen. In diesen Kapiteln ist jeweils auch die Interpretation der Ergebnisse mit Blick auf mögliche Instrumente zur Abmilderung oder Eliminierung der Hemmnisse enthalten.

Die Zuordnung geeigneter Instrumente zu den Hemmnissen ist im Kapitel 7 erläutert.

Im Kapitel 8 werden explizit die Fragestellungen der Vorstudie beantwortet.

Im Kapitel 9, Design für einen Feldversuch, werden die Ideen für das Forschungsdesign der Hauptstudie vorgestellt, sowie auf Basis der Ergebnisse der Vorstudie zwei Pakete von technischen Instrumenten resp. Kommunikationsinstrumenten geschnürt, welche in der Hauptstudie zur Anwendung kommen sollen.

## 4 Potentialanalyse

In diesem Kapitel werden erstens auf Basis des Standard-Energieflussmodells für Gebäude nach SIA 380/1 und der quantitativen Abgrenzung von Verwendungszwecken die typischen Energieverbräuche je Verwendungszweck sowie die möglichen Wirkungsbandbreiten von BAM-Systemen quantifiziert und zweitens jene Energie-Verwendungszwecke definiert, welche für die Hemmnisanalyse berücksichtigt werden sollen.

### 4.1 Einflusspotential der Benutzenden auf den Energieverbrauch

#### 4.1.1 Energiebilanz Gebäude

Die Energiebilanz nach SIA 380/1 beschreibt das physikalische Modell für den Energiefluss in einem Gebäude und definiert die Grössen der Energieflüsse. Gemäss SIA 380/1 werden vier Teilsysteme unterschieden:

1. Systemgrenze Heizwärmebedarf
2. Systemgrenze Wärmebedarf für Warmwasser
3. Systemgrenze Heiz- und Warmwassersystem
4. Systemgrenze Gebäude

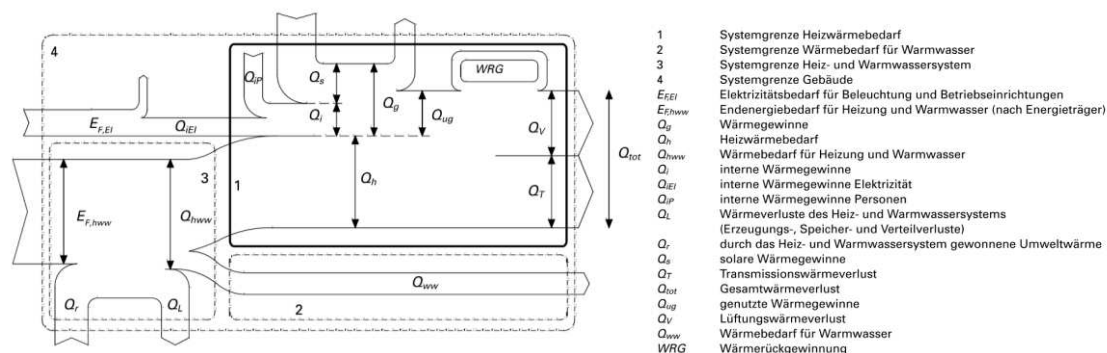


Abbildung 1: Energiefluss im Gebäude gemäss SIA 380/1 Thermische Energie im Hochbau

Die Systemgrenze Nr. 1, Heizwärmebedarf, ist ein komplexes System das stets als Ganzes betrachtet werden muss. Die wesentlichen, von den Benutzenden beeinflussbaren Grössen sind:

- Die Raumtemperatur, die proportional auf die Wärmeverluste  $Q_T$  (Transmissionsverluste) und  $Q_V$  (Lüftungsverluste) wirkt, welche den Heizwärmebedarf  $Q_h$  bestimmen.
- Die Wärmegewinne, insbesondere die Solargewinne  $Q_s$ , welche den durch die Wärmeversorgung zu deckenden Heizwärmebedarf  $Q_h$  reduzieren können.
- Das Lüftungsverhalten, das zusätzlich zur Raumtemperatur den Lüftungsverlust  $Q_V$  beeinflusst.

Die Systemgrenze Nr. 2, Wärmebedarf für Warmwasser, ist ein einfaches System, das unabhängig vom Teilsystem Nr. 1 betrachtet werden kann. Der Wärmebedarf für Warmwasser wird durch die gesamthaft gezapfte Warmwassermenge und die Warmwassertemperatur definiert.

Die Systemgrenze Nr. 3, Heiz- und Warmwassersystem, umfasst die Wärmeerzeugung für Heizwärme und Warmwasser sowie deren Verteilung. Die technischen Aspekte innerhalb der Systemgrenze Nr. 3 sind für die vorliegende Untersuchung nicht unmittelbar relevant.

Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Betriebseinrichtungen  $E_{t,EI}$  gehört zur Systemgrenze Gebäude, Nr. 4, wird aber durch SIA 380/1 nicht als eigenes Teilsystem beschrieben. Durch eine weitere Unterteilung des Energieverbrauches nach Verwendungszweck im folgenden Abschnitt kann dieser Elektrizitätsbedarf jedoch weiter aufgeschlüsselt werden.

#### 4.1.2 Aufteilung des Energieverbrauches nach Verwendungszweck

Nr.	Verwendungszweck nach BFE (2014)	Zuordnung für Wohnnutzung in der vorliegenden Studie
1	Raumwärme	Teilsystem Nr. 1 Heizwärmebedarf
2	Warmwasser	Teilsystem Nr. 2 Wärmebedarf für Warmwasser
3	Klima, Lüftung, Haustechnik	Elektrizitätsbedarf für Systemgrenze Nr. 3 nach SIA 380/1
4	Prozesswärme	Kochen (Elektrizitätsbedarf)
5	Antriebe, Prozesse	Waschen, Trocknen, Kühlen, Gefrieren (Elektrizitätsbedarf)
6	Beleuchtung	Beleuchtung (Elektrizitätsbedarf)
7	I&K, Unterhaltung	Internet, Computer, Fernseher (Elektrizitätsbedarf)
8	Sonstige	Geräte für Hobby und Garten (Elektrizitätsbedarf)
9	Mobilität	Wird nicht untersucht

Tabelle 1: Zuordnung Energieverwendung in Wohnnutzungen nach Verwendungszweck

Gemäss der jährlich aktualisierten Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs nach Verwendungszwecken, BFE (2014), wird der gesamte Energieverbrauch der Schweiz in 9 primäre Verwendungszwe-

cke unterteilt. Die für das Wohnen relevanten Energieanwendungen werden gemäss Tabelle 1 diesen Verwendungszwecken zugeordnet. Diese Reihenfolge ist abweichend zu BFE (2014) für die vorliegende Studie angepasst.

Die Verwendungszwecke 1 und 2, Raumwärme und Warmwasser, entsprechen den Teilsystemen 1 und 2 gemäss Kapitel 4.1

Der Verwendungszweck 3, Elektrizitätsbedarf für Klima, Lüftung, Haustechnik, gehört in der Regel zum Teilsystem 3, zum Heizwärme- und Warmwassererzeugungs- und -verteilsystem gemäss Abschnitt 4.1 und wird daher in der vorliegenden Studie nicht explizit untersucht.

Die Verwendungszwecke 4 bis 8 entsprechen in der Summe dem Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Betriebseinrichtungen gemäss Kapitel 4.1 (Annahme, dass für Kochen kein Erdgas verwendet wird). Diese Verwendungszwecke können unter dem Begriff Haushaltstrom – der von den Mieterinnen und Mietern in ihrem Haushalt direkt beeinflussbare Stromverbrauch – summiert werden.

Der Verwendungszweck 9, Mobilität, wird in der vorliegenden Studie nicht untersucht.

## 4.2 Streuung und Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauchs

Im Bericht der Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2012) wurden die Einflüsse des Benutzungsverhaltens, der Geräteeffizienz und von weiteren Akteuren - Bauherrschaft, Liegenschafts-Verwaltung – auf den Energieverbrauch betrachtet.

Diese und auch andere Berichte zeigen eine starke Streuung des Energieverbrauches pro Wohneinheit. Die Ursache dafür ist nicht nur das Verhalten der Benutzenden, sondern auch die Effizienz der vorhandenen Infrastruktur am jeweiligen Standort und das von den Benutzenden gelebte Wohnkonzept.

Der Begriff *Wohnkonzept* wird in Wagnitz (2014) verwendet, um die aufgrund von Befragungen und Messungen festgestellten Unterschiede durch eine Einteilung der Benutzenden in verschiedene Kategorien zu begründen. In Wagnitz (2014) wurden die drei relevanten Gruppen *Komfort*, *Eco* und *Öko* identifiziert, wobei die Bezeichnung der Gruppen primär deren Unterscheidung dient. Die Gruppe *Komfort* tendiert demzufolge zu gegenüber dem Durchschnitt höheren Raumtemperaturen und ist auch in Bezug auf die Regulierbarkeit und Verfügbarkeit von Raumwärme und Warmwasser anspruchsvoller als der Durchschnitt. Die grösste Gruppe *Eco* liegt in den Ansprüchen im Durchschnitt der gesamten Erhebung, während die Gruppe *Öko* gegenüber dem Durchschnitt genügsamere Ansprüche stellt.

Der Forschungsansatz der vorliegenden Studie fokussiert ausschliesslich auf das energierelevante Verhalten der Benutzenden einer Wohnung im Umgang mit einer vorgegebenen Infrastruktur. Die Aspekte der Effizienzsteigerung bei der Infrastruktur, zum Beispiel durch Gerätersatz und das individuelle Wohnkonzept der Benutzenden werden vom Untersuchungsgegenstand klar abgegrenzt. Diese Aspekte sind bei Erhebungen des realen Energieverbrauches und der Verhaltensweisen in einem Feldversuch für die Interpretation der Ergebnisse jedoch zwingend wieder zu berücksichtigen.

### 4.2.1 Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauches

Um den Untersuchungsgegenstand der Energieverbrauchsreduktion durch BAM-Systeme präziser benennen zu können, wird der Begriff der *Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauches* von den Verfassern vorgeschlagen. Mit dem in der Ökonomie etablierten Begriff der „Preis-Elastizität der Nachfrage“ wird die Reaktion der Nachfrage auf sich ändernde Preise quantifiziert. Analog dazu beschreibt die *Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauches* die Veränderung des von den Benutzenden beeinflussbaren Energieverbrauchs im Verhältnis zur Intensität des eingesetzten BAM-Systems.

Eine detaillierte Skala für die Intensität von BAM-Systemen als Referenz für die erzielte Wirkung kann erst nach Abschluss der Hauptstudie festgelegt werden. Aktuell können zwei Eckwerte definiert werden: Ohne (Intensität 0%) und mit BAM-System (Intensität 100%).

#### 4.2.2 Recherche zum Wirkungspotential

In der folgenden Tabelle 2 sind Angaben aus der Literatur zur beobachteten oder erwarteten Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauchs nach Verwendungszwecken (vgl. Tabelle 1) zusammengestellt.

Mit dem europäischen Projekt 'Saving Energy in Social Housing', eSESH, wurden rund 5000 Haushalte in unterschiedlichen europäischen Ländern in ein Effizienzprogramm mit BAM-System-vergleichbaren Instrumenten aufgenommen. Die Instrumente umfassen im wesentlichen Smart-Meter, Feedbacksysteme mit Ampelsystemen über Smartphone oder Online-Apps und Elemente von Energiemanagementsystemen mit Zielvereinbarungen. Im Schlussbericht eSESH (2013) sind die erzielten Erfolge (Savings) über die in unserer Vorstudie untersuchten Verwendungszwecke wie folgt angegeben:

- Raumwärme (Heating) 9%
- Warmwasser (Hot Water) 7%
- Haushaltstrom (Electricity) 6%

Aktuelle, vergleichbare Studien über die Verwendungszwecke Raumwärme und Warmwasser aus der Schweiz liegen uns keine vor. Für den Verwendungszweck Haushaltstrom können jedoch drei neuere Studien aus dem Raum Zürich zitiert werden. In Degen et. al. (2013) wird der Pilotversuch Smart-Meter des ewz dokumentiert. Eine ähnliche Studie, EKZ (2011) untersucht ebenfalls die Auswirkung von Smart-Meter auf den Verbrauch von Haushaltstrom. In Lossin et. al. (2015) ist das Projekt Bonusmodelle für energieeffiziente Haushalte: Umsetzung und Bewertung des Energieeffizienzportals smartsteps, F.P. 1.9 der Energieforschung Zürich dokumentiert. In allen drei Studien wird der Einsparerfolg mit einer Reduktion des Elektrizitätsverbrauches in einem Bereich bis rund 3% angegeben. Damit liegen diese Erfolge nur bei rund der Hälfte der im eSESH-Projekt angegebenen Erfolge für die Reduktion des Haushaltstromes. Raumwärme und Warmwasser wurden mit diesen Studien nicht quantitativ ausgewertet.

In Artho et. al. (2012) S. 27-29 werden Einsparungen aufgrund von ausschliesslich kommunikativen Massnahmen mit 5-20% beziffert. Ebenfalls deutlich höhere Werte als in den oben genannten Studien werden im Bericht AHB, Nutzerverhalten beim Wohnen (2011), beziffert.

Verwendungszweck	Wirkungsbeschrieb „Massnahmen-Elastizität“	Quelle	Quelle Detail
Raumwärme	9% (Durchschnitt Europa)	eSESH 2013 (Hacke Ulrike, IWU)	P. 55 (S.12)
Raumwärme	14% Karlsruhe	eSESH 2013	P. 64
Raumwärme	7% Linz	eSESH 2013	P. 66
Raumwärme	20 - 25%	AHB: Nutzerverhalten beim Wohnen 2011 (Quelle: Wolfrum, Jank 2006)	S.31 / 24
Raumwärme	25% (ohne Lüftung)	AHB: Suffizienzpfad 2012	S.21
Warmwasser	7% (Durchschnitt Europa)	eSESH 2013 / Hacke Ulrike, IWU	P. 55 / S.12
Warmwasser	6% Karlsruhe	eSESH 2013	P. 64
Warmwasser	18-30%	AHB: Nutzerverhalten beim Wohnen 2011	S.31
Haushaltstrom	von 14 auf 8 kWh/d während Feedbackphase 2, enegy+Home	PPT Folien TU Darmstadt, Energy+Home	S.32
Haushaltstrom	6% (Durchschnitt Europa)	eSESH 2013 (Hacke Ulrike, IWU)	P. 55 (S.12)
Haushaltstrom	5% Linz	eSESH 2013	P. 66
Haushaltstrom	20 - 50%	AHB: Nutzerverhalten beim Wohnen 2011	S.31
Haushaltstrom	3.2% zu Vergleichsgruppe	Degen et. al. (2013)	S. iv
Haushaltstrom	Bis zu 3%, Versuchsgruppe mit Echtzeitanzeige	EKZ (2011)	
Haushaltstrom	1%, Teilgruppe 2.6%	Lossin et. al. (2015)	S. 15

Tabelle 2: Literaturangaben zu Reduktionswirkungen aufgrund der Beeinflussung der Verhaltensweise von Wohnungs-Benutzenden (A+W)



In Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2012) werden Bandbreiten des Energieverbrauches aufgrund des "Nutzerverhaltens" definiert. In diesem "Nutzerverhalten" sind jedoch das oben erwähnte Wohnkonzept und die mögliche Massnahmen-Elastizität durch optimiertes Benutzungsverhalten gleichermassen enthalten. Im europäischen Forschungsprogramm eSESH (vgl. Korte, 2013 und eSESH, 2013) wurden dagegen ausschliesslich die relativen Wirkungen von Motivations- und Rückmeldeinstrumenten untersucht, vergleichbar mit dem Forschungsgegenstand der vorliegenden Studie.

Abgeleitet aus diesen Quellen sind in Tabelle 3 typische Faktoren für die in einer Feldforschung zu erwartenden Streuungsbereiche des spezifischen jährlichen Energieverbrauches pro Quadratmeter unterschiedlicher Wohnungen und die durch BAM-Systeme im Durchschnitt über diese Wohnungen zu erwartende Massnahmen-Elastizität des jährlichen Energieverbrauches pro Quadratmeter nach Verwendungszweck zusammengestellt.

<b>Verwendungszweck</b>	<b>Faktoren für Streuung und Massnahmen-Elastizität in Bezug auf typische Verbrauchs-Mittelwerte</b>
1 Wärme für Raumheizung	Streuung um Mittelwert 0.8 ... 1.25 Massnahmen-Elastizität des Mittelwerts erwartet - 0.15
2 Wärme für Warmwasser	Streuung um Mittelwert 0.6 ... 1.8 Massnahmen-Elastizität des Mittelwerts erwartet - 0.15
Waschen und Trocknen	Streuung um Mittelwert 0.5 ... 2.0 Massnahmen-Elastizität des Mittelwerts erwartet - 0.15
Beleuchtung und Geräte	Streuung um Mittelwert 0.5 ... 2.0 Massnahmen-Elastizität des Mittelwerts erwartet - 0.25

Tabelle 3: Faktoren nach Verwendungszweck für die Streuung und Massnahmen-Elastizität im Vergleich zum Mittelwert des Energieverbrauchs pro Quadratmeter (A+W)

Wenn in einer Feldforschung die Energieverbräuche pro Quadratmeter<sup>1</sup> von einzelnen Wohnungen erhoben und verglichen werden, dann kann erwartet werden, dass die Resultate der einzelnen Wohnungen innerhalb des in Tabelle 3 angegebenen Streuungsbereiches um den Mittelwert liegen.

Die erwartete Wirkung von BAM-Systemen über eine Gruppe von Wohnungen wird mit der Massnahmen-Elastizität angegeben. Bei Wärme für Raumheizung und Warmwasser definieren wir eine zu erwartende Einsparung mit BAM-Systemen bis 15% gegenüber dem Verhalten ohne BAM-System (vgl. Tabelle 3). Ebenso im Teilbereich Waschen und Trocknen. Im Teilbereich Beleuchtung und Geräte wird eine Massnahmen-Elastizität bis -25% erwartet. Die erwartete Wirkung von BAM-Systemen ist damit in einer Grössenordnung, die mit Verbrauchsmessungen in einem Feldversuch nachgewiesen werden können.

Die von uns hier festgelegten Erwartungen zu den Wirkungen der Massnahmen-Elastizität sind generell höher als die durchschnittlichen Resultate aus eSESH (2013) und liegen insbesondere beim Haushaltstrom mit Reduktionszielen von 15 bis 25% um ein Mehrfaches über den Resultaten der zitierten Studien mit Smart-Meter. Unsere höhere Einschätzung des Effizienzgewinnes durch BAM-Systeme basiert auf der Annahme, dass mit einem objektspezifisch konzipierten BAM-System alle zielführenden Instrumente und Massnahmenkombinationen aus Technik und Kommunikation den Benutzenden zur Verfügung gestellt und von diesen auch entsprechend wirksam umgesetzt werden.

Mit dem Feldversuch in der Hauptstudie sollen die in Tabelle 3 zusammengestellten Werte überprüft werden.

<sup>1</sup> Als Bezugsgrösse für Kennwerte des Energieverbrauchs im Gebäudebereich wird in der Regel die Energiebezugsfläche  $A_E$  verwendet. Für verschiedene Verwendungszwecke, insbesondere Wärme für Warmwasser, ist der Bezug „pro Person“ der Bewohnenden jedoch aussagekräftiger. Die Personenbelegung einer Wohnung wird mit dem Begriff ‚Personenfläche‘  $P/m^2$  angegeben. Bei statistischen Daten ist eine durchschnittliche Personenfläche hinterlegt, was bei der Interpretation von Vergleichen der statistischen Durchschnittswerte mit konkreten Messergebnissen stets zu beachten ist.

### 4.3 Potentiale der Massnahmen-Elastizität des Energieverbrauches

Mit zwei Modellrechnungen werden die Potentiale der Massnahmen-Elastizität ermittelt. Als Basis für die Energieverbräuche nach Verwendungszweck dienen die durchschnittlichen Verbrauchswerte für Haushalte gemäss BFE (2014). Die Verbrauchswerte für Heizwärme wurden durch die Verfasser angepasst, um einmal einen sanierten Bestandsbau mit einer Feuerung und zum Vergleich einen Neubau mit Wärmepumpe als Heizwärme-Erzeugungssystem abzubilden.

Verwendungszweck		SIA	Q kWh/m <sup>2</sup>	Nutzungs- grad	E- Brenn- stoffe kWh/m <sup>2</sup>	E- Strom kWh/m <sup>2</sup>	E- Total kWh/m <sup>2</sup>	in %	Bilanz SIA 380/1	Genereller Ansatz	Reduktions-Potential		
											Elastizität % relativ	kWh/m <sup>2</sup>	% Anteil
1	Heizwärme	$Q_{th}, E_{th}$	60	0.9	60.0	5.5	65.5	56%	Endenergie zur Deckung Wärmebedarf	Reduktion Raumtemperatur -2K und opt. Luftwechsel	15%	9.8	56%
2	Warmwasser	$Q_{ww}, E_{fww}$	20	0.8	20.2	5.1	25.3	21%	Endenergie zur Deckung Wärmebedarf Warmwasser	Reduktion Warmwassermenge, Dauer, Temperatur	15%	3.8	22%
3	Beleuchtung	$E_{Li}$			-	3.6	3.6	3%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	25%	0.9	5%
4	Lüftung, Klima, div. Haustechnik	$E_{VCH}, E_{aux}$			-	1.8	1.8	1%	Strombedarf	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	15%	0.3	2%
5	Prozesswärme Kochen, Kühlen	$E_{Ap}$			-	9.1	9.1	8%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	nicht bearbeitet	-	0%
6	Prozesse u. Antriebe, Waschen, Trocknen	$E_{Ap}$			-	3.5	3.5	3%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	15%	0.5	3%
7	I&K, Unterhaltungsmedien	$E_{Ap}$			-	3.6	3.6	3%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	25%	0.9	5%
8	Sonstiges (Hobby, Werkzeuge)	$E_{Ap}$			-	5.6	5.6	5%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	25%	1.4	8%
					80.2	37.7	117.9	100%			15%	17.6	100%
					68%	32%	100%						

Tabelle 4: Potentiale der Massnahmen-Elastizität Endenergie am Beispiel Bestandsbau saniert,  $Q_h$  60kWh/m<sup>2</sup>, Feuerung (A+W).

Mit den hier angenommenen Effizienzpotentialen durch optimiertes Benutzungsverhalten in einem energetisch sanierten Gebäude (mit Feuerung als Wärmeerzeuger) kann eine Einsparung auf Stufe Endenergie in der Grössenordnung von rund 15% erwartet werden. Von dieser Einsparung entfällt der grösste Anteil

auf die Heizwärme (56%) und Warmwasser (22%), total 78%. Auf die übrigen Verwendungszwecke (Haushaltstrom) entfallen 22% des Reduktionspotentials.

Verwendungszweck		SIA	Q kWh/m <sup>2</sup>	Nutzungsgrad	E-Brennstoffe kWh/m <sup>2</sup>	E-Strom kWh/m <sup>2</sup>	E-Total kWh/m <sup>2</sup>	in %	Bilanz SIA 380/1	Genereller Ansatz	Reduktions-Potential		
											Elastizität % relativ	kWh/m <sup>2</sup>	% Anteil
1	Heizwärme	Q <sub>h</sub> , E <sub>th</sub>	35	3.0	-	11.7	11.7	25%	Endenergie zur Deckung Wärmebedarf	Reduktion Raumtemperatur -2K und opt. Luftwechsel	15%	1.8	26%
2	Warmwasser	Q <sub>ww</sub> , E <sub>tww</sub>	20	2.8	-	7.1	7.1	16%	Endenergie zur Deckung Wärmebedarf Warmwasser	Reduktion Warmwassermenge. Dauer, Temperatur	15%	1.1	16%
3	Beleuchtung	E <sub>li</sub>			-	3.6	3.6	8%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	25%	0.9	13%
4	Lüftung, Klima, div. Haustechnik	E <sub>vch</sub> , E <sub>aux</sub>			-	1.8	1.8	4%	Strombedarf	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	15%	0.3	4%
5	Prozesswärme Kochen, Kühlen	E <sub>ap</sub>			-	9.1	9.1	20%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	nicht bearbeitet	-	0%
6	Prozesse u. Antriebe, Waschen, Trocknen	E <sub>ap</sub>			-	3.5	3.5	8%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	15%	0.5	8%
7	I&K, Unterhaltungsmedien	E <sub>ap</sub>			-	3.6	3.6	8%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	25%	0.9	13%
8	Sonstiges (Hobby, Werkzeuge)	E <sub>ap</sub>			-	5.6	5.6	12%	Strombedarf, interne Wärme	Reduktion Betriebsdauer, Intensität	25%	1.4	20%
						46.0	46.0	100%			15%	6.9	100%
						100%	100%						

Tabelle 5: Effizienzpotentiale Endenergie am Beispiel Neubau, Q<sub>h</sub> 35kWh/m<sup>2</sup>, mit Wärmepumpe Heizung u. WW (A+W).

Bei einem aktuellen Neubau, Minergie-Gebäude mit Wärmepumpe beheizt, wird ein Reduktionspotential in der Grössenordnung von ebenfalls rund 15% erwartet. Die Aufteilung auf Stufe Endenergie weicht jedoch deutlich vom Beispiel des sanierten Bestandsbaus ab. Auf Heizwärme (26%), Warmwasser (16%) und Lüftungsantrieb (4%) entfallen rund 46% des Reduktionspotentials auf Stufe Endenergie. Auf die übrigen Verwendungszwecke, Haushaltstrom, entfallen somit bei einem aktuellen Neubau 54% des Reduktionspotentials.

Als Fazit dieser Modellbetrachtung liegt die zu erwartende absolute Einsparung beim sanierten Bestandsbau mit Feuerung bei rund  $18 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  wobei rund 80% davon auf die Brennstoffe für die Wärmeerzeugung Raumheizung und Warmwasser entfallen. Bei einem aktuellen Neubau mit Wärmepumpe liegt die zu erwartende Einsparung auf Stufe Endenergie bei rund  $7 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  Elektrizität, wovon etwas weniger als 50% auf die Wärmeversorgung (Wärmepumpe) inkl. Lüftungsantriebe und etwas mehr als 50% auf die weiteren Verwendungszwecke (Haushaltstrom) entfallen.

#### 4.4 Definition der zu untersuchenden Verwendungszwecke

Aufgrund der Analyse der Energiebilanz von Gebäuden und der Gliederung des Energieverbrauches in Verwendungszwecke und der Quantifizierung der erwarteten Massnahmen-Elastizität werden die Teilsysteme definiert, für die das Benutzungsverhalten im Wohnbereich untersucht werden soll:

##### Wärme für Raumheizung

Dieses Teilsystem umfasst die zusammenwirkenden Aspekte der Raumtemperatur, der solaren Gewinne und des Lüftungsverhaltens auf den Energieverbrauch. Die Systemgrenze ist der Wärmebedarf für Raumheizung auf Stufe Nutzenergie. Wenn im betrachteten Perimeter Raumlüftungsanlagen vorhanden sind, ist der Stromverbrauch dieser Anlagen hier mit zu berücksichtigen.

##### Wärme für Warmwasser

Das Teilsystem Wärme für Warmwasser umfasst den Warmwasserbedarf primär für die Körperpflege. Die Verwendung von Warmwasser für Kochen und Wäsche-Waschen ist davon abgegrenzt zu betrachten.

##### Haushaltstrom

Das Teilsystem Haushaltstrom wird zunächst in 4 Subsysteme unterteilt:

- Kochen inkl. Geschirrwaschen, Kühlen und Gefrieren
- Wäsche - Waschen und Trocknen
- Beleuchtung
- Geräte: Internet, Computer, Fernseher, Sonstige Geräte, Hobby

Das Teilsystem Kochen ist in sich sehr komplex und sehr stark von der individuellen Lebenssituation und Esskultur geprägt. Zudem sind wesentliche Anteile des Energieverbrauches in diesem Teilsystem, vor allem Kühlen und Gefrieren, von der Effizienz der Geräte abhängig und weit weniger vom Benutzungsverhalten. Die Verfasser erachten eine vertiefte Behandlung des Teilsystems Kochen inkl. Geschirrwaschen, Kühlen und Gefrieren in Bezug auf die Untersuchung in einem Feldversuch als nicht zielführend. Das Teilsystem Kochen mit den damit zusammenhängenden Geschirrspülen, Kühlen und Gefrieren wird daher nicht weiter untersucht.

Beim Wohnen ist der Verbrauchsanteil der Beleuchtung erfahrungsgemäss gering und wird durch die erheblichen technischen Effizienzgewinne (LED-Leuchten) weiter marginalisiert. Zur Vereinfachung wird daher Beleuchtung und Geräte zusammengefasst.

Die für die weitere Untersuchung definierten Verwendungszwecke Raumheizung, Warmwasser und Haushaltstrom (ohne Kochen) umfassen zwischen 80% (bei einem Neubau) und 90% (bei Bestandsbau) des gesamten Endenergieverbrauches einer Wohnung.

## 5 Grundlagen der Hemmnisanalyse

In diesem Kapitel werden die zwei als Grundlage der Hemmnisanalyse verwendeten Modelle, das Mensch-Maschine-System und das sozialpsychologischen Handlungsmodell, kurz erläutert.

### 5.1 Mensch-Maschine-System

Als Mensch-Maschine-System können nach Sheridan (1974) beobachtbare oder messbare Prozesse beschrieben werden, die bei der Verrichtung zielgerichteter, bewusst kontrollierter menschlicher Tätigkeiten zur Lösung von vorgegebenen oder selbst gewählten Aufgaben unter Einsatz von Maschinen auftreten. Im Unterschied zum Begriff des Soziotechnischen Systems, dass die Interaktion von Personengruppen und Gesellschaften mit bestimmten Technologien thematisiert, fokussiert das Mensch-Maschine-System auf die Bearbeitung von konkreten Aufgaben durch eine einzelne Person mit einer konkreten, pauschal als 'Maschine' bezeichneten, technischen Infrastruktur.

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für die Hemmnisanalyse auf der technischen Seite gelegt. Mit dem Modell des Mensch-Maschine-Systems können die gewünschten, energieeffizienten Verhaltensweisen der Benutzenden systematisch in einzelne Prozessschritte unterteilt und so im Detail beschrieben und analysiert werden.

#### 5.1.1 Elemente des Mensch-Maschine-Systems

Die Elemente des Mensch-Maschine-Systems und deren Beziehungen untereinander sind im Folgenden beschrieben:

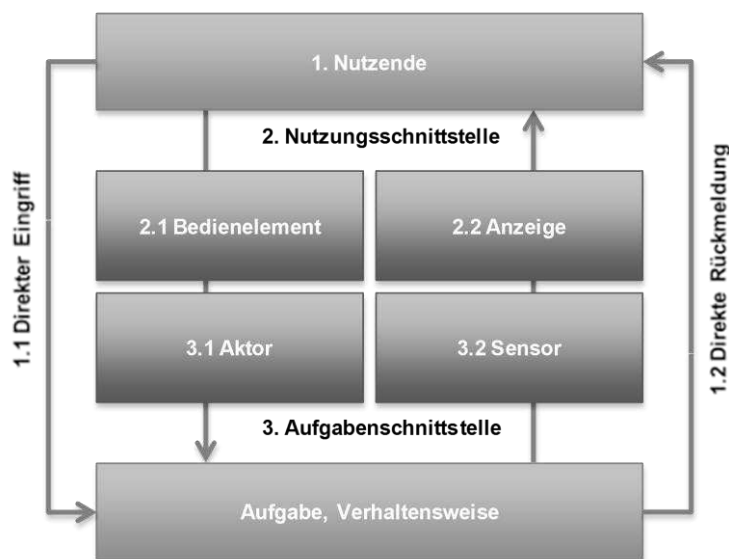


Abbildung 2: Mensch-Maschine-Modell nach Sheridan (1974)

#### Benutzende

Die Benutzenden sind die Personen, welche im Haushalt den Energieverbrauch verursachen und durch Verhaltensänderung beeinflussen können. Den Benutzenden stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Bewältigung der Aufgaben offen: die Bedienung der 'Maschine' über die Nutzungsschnittstelle, siehe unten, oder den direkten Eingriff in die Aufgabenerledigung.



### *1.1 Direkter Eingriff; des Menschen in die Aufgabenerledigung*

Mit dem direkten Eingriff haben die Benutzenden die Möglichkeit, unter Umgehung der Maschine direkt auf die Aufgabenerledigung zu wirken. Siehe dazu auch Abschnitt unten, Definition der Interaktionsformen.

### *1.2 Direkte Rückmeldung; der Aufgabe an den Menschen (Sinneswahrnehmung)*

Bei den zu untersuchenden Aufgaben im Wohnbereich sind direkte Rückmeldungen häufig. Die Raumtemperatur, Luftqualität, Helligkeit, Blendung etc. werden durch die Sinne direkt und unmittelbar wahrgenommen.

### **Nutzungsschnittstelle**

Die Nutzungsschnittstelle stellt Bedienelemente, z.B. Griffe, Drehregler, Schalter etc. für die Bedienung der 'Maschine' zur Verfügung sowie Anzeigen, mit der die von der Maschine aufgenommenen Rückmeldungen aus der Aufgabenerledigung dem Menschen auf geeignete Art und Weise angezeigt werden.

#### 2.1 Bedienelement: Befehl Mensch an 'Maschine'

#### 2.2 Anzeige: Anzeige der Wirkung und Stand der Aufgabenerledigung an den Menschen

### **Aufgabenschnittstelle**

Über die Aufgabenschnittstelle wirkt die 'Maschine' mit Aktoren, z.B. mit einem motorisierten Ventiltrieb, auf die Aufgabe ein und misst mit Sensoren, z.B. Temperaturfühler, die Wirkung, z.B. die Veränderung der Vorlauftemperatur oder der Raumtemperatur.

#### 3.1 Aktor: Eingriff der Maschine in die Aufgabe

#### 3.2 Sensor: Rückmeldung der Wirkung an die Maschine

### **Aufgabe, Zielverhaltensweise**

Die *Aufgabe* definiert die gewünschte Verhaltensweise, z.B. energieeffizientes Lüftungsverhalten. Aus psychologischer Sicht handelt es sich bei den Aufgaben um Zielverhaltensweisen, welche zur Reduktion des Energieverbrauches befolgt werden müssten. Aufgaben und Zielverhaltensweisen werden in diesem Bericht synonym verwendet.

## *5.1.2 Definition der Interaktionsformen*

Entsprechend dem Modell des Mensch-Maschine-Systems sind verschiedene typische Interaktionsformen möglich:

### **Vollautomatische Steuerung**

Mit einer vollautomatischen Steuerung erledigt die Maschine die Aufgabe stets vollständig selbst. Eingriffe durch Benutzende sind nur bei Systemstörungen erforderlich. Im Gebäudebereich ist die vollautomatische Steuerung, die eine 100%-Zufriedenheit der Benutzenden mit der Erledigung der Aufgabe durch die Maschine bedingt, ein Idealfall, der in der Regel nicht erreicht wird.

### **Überwachungssteuerung**

Gemäss der Studie von Wagnitz (2014) ist von einer Mehrheit der Befragten eine vollautomatische Steuerung für die Erledigung von Aufgaben wie Raumlüftung, Raumtemperaturregelung, Beschattung etc. durchaus akzeptiert oder sogar gewünscht, gleichzeitig wird jedoch in der Mehrheit immer auch die Möglichkeit einer manuellen Übersteuerung der Automatik verlangt. Daraus ergibt sich in der Praxis die Interaktionsform einer Überwachungssteuerung.

Die Überwachungssteuerung ist ein automatischer Betrieb bei dem situative Eingriffe der Benutzenden relativ häufig und immer möglich sind. Für die technische Ausrüstung eines Gebäudes bedeutet dies einen maximalen Aufwand, da einerseits generell vollautomatische Steuerungen realisiert werden müssten, mit Rücksicht auf die Akzeptanz durch die Benutzer jedoch auf die manuellen Bedienstellen nicht verzichtet werden kann bzw. soll.

### *Manuelle Steuerung*

Mit der manuellen Steuerung werden Handlungsbefehle an die Maschine direkt eingegeben und es wird eine unmittelbare Reaktion erwartet. Beispiel: Fenster zum Lüften manuell öffnen.

### *Direkter Eingriff in die Aufgabenerledigung*

Mit einem direkten Eingriff in die Aufgabenerledigung können die Benutzenden unter Umgehung der Schnittstellen direkt auf die Aufgabe einwirken. Der direkte Eingriff ist methodisch strikt von der manuellen Steuerung zu trennen. In dem hier untersuchten Kontext der Wohnnutzung wird mit dem direkten Eingriff stets eine alternative Handlungsweise zur Aufgabenerledigung gewählt. Als Beispiel: Pullover anziehen anstelle Heizungsregler nachstellen zur Erledigung der Aufgabe ‚angenehme Raumtemperatur‘.

## 5.2 Sozialpsychologisches Handlungsmodell

Die Analyse der sozialpsychologisch bedingten Hemmnisse, welche der Reduktion des Energiebezugs innerhalb der definierten Verwendungszwecke entgegenstehen, basiert auf dem sozialpsychologischen Handlungsmodell, welches hauptsächlich auf der Theorie des geplanten Verhaltens von Ajzen (1991), auf dem durch Hunecke (2000) modifizierte Normaktivationsmodell von Schwartz (1977) sowie auf Erkenntnissen aus der Forschung zu sozialen Dilemmas basiert.

Für die Anwendung des Modells muss eine freiwillige Wahl aus mindestens zwei Handlungsoptionen möglich sein. Die Herleitung des Modells ist ausführlich im Bericht zum Forschungsprojekt FP-1.4 ‚Wissenschaftsbeitrag‘ beschrieben (Artho, Jenny & Karlegger, 2012).

Das Handlungsmodell unterscheidet die drei Bereiche 'Wollen', 'Können' und 'Tun'.

Im Bereich des Wollens finden sich die möglichen Motive für eine Verhaltensweise:

- Egoistische Motive stellen die Folgen der Handlung, welche nur das handelnde Individuum betrifft, ins Zentrum.
- Das soziale Motiv fokussiert auf individuelle Folgen im Zusammenhang mit anderen Personen.
- Das moralische Motiv thematisiert schliesslich die Folgen der Handlung, welche nicht oder nicht nur die handelnde Person betreffen.

Wenn die Motivation für eine Verhaltensweise gegeben ist, müssen auch die dafür notwendigen Fähigkeiten und Gelegenheiten bestehen ('Können').

Wenn eine Verhaltensweise ausgeübt werden will und kann, muss diese auch noch tatsächlich umgesetzt werden ('Tun'). Dies kann durch Gewohnheiten, Vergessen oder andere kurzfristig wirksamen Motive verhindert werden.

Das sozialpsychologische Handlungsmodell basiert auf der Idee, dass Handlungen grundsätzlich aus einer Überlegung resultieren, auch wenn in diesen Überlegungen nicht alle Argumente einbezogen werden. Gewohnheiten sind in diesem Modell nicht abgebildet, weil sie zwar aufgrund von geplanten Verhaltensweisen entstehen, indem in einer gleichen Situation immer wieder der gleiche Handlungsentscheid getroffen wird (Ouelette & Wood, 1998). Sie wirken jedoch dahingehend, dass die Abwägungen im oben dargestellten Modell nicht mehr vorgenommen werden. Je öfter ein bestimmtes Verhalten in einem bestimmten Kontext ausgeführt wird, und je positiver die Erfahrungen mit diesem Verhalten sind, desto stärker ist die Gewohnheit (Aarts, Verplanken & Knippenberg, 1998).

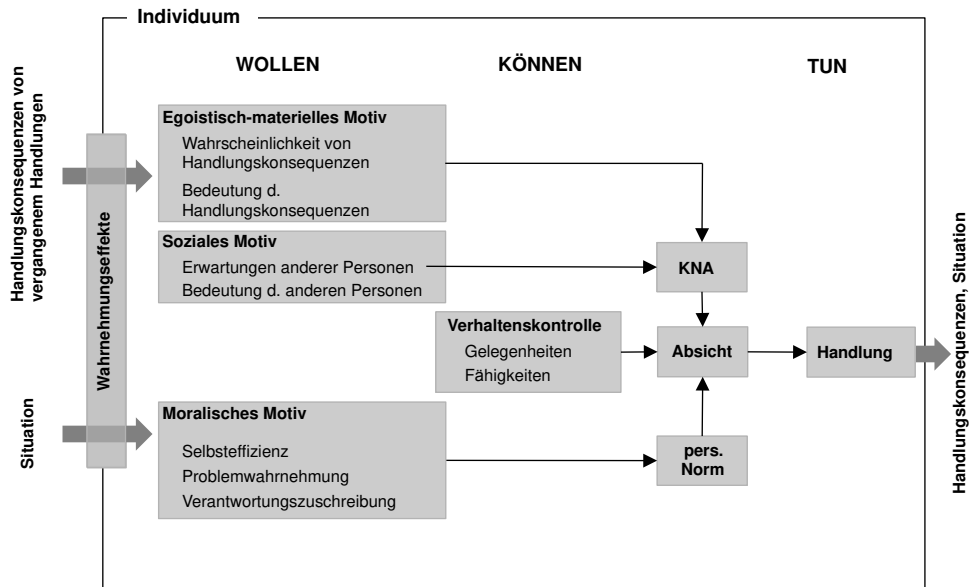


Abbildung 3: Sozialpsychologisches Handlungsmodell (KNA = individuelle Kosten-Nutzen-Analyse)

## 6 Hemmnisanalyse

### 6.1 Festlegungen

#### 6.1.1 Aufgaben, Zielverhaltensweisen und Prozessdiagramme

Für die systematische Hemmnisanalyse wurden für die Verwendungszwecke (vgl. Kap. 4.4, Definition der zu untersuchenden Verwendungszwecke) zunächst generelle Aufgaben zur Reduktion des Energieverbrauchs festgelegt. Aufgrund dieser generellen Aufgaben wurden danach konkrete Handlungsanweisungen als detaillierte Zielverhaltensweisen definiert und die möglichen Hemmnisse, die das Befolgen dieser Handlungsanweisungen behindern können, analysiert. Aufgrund der Hemmnisanalyse werden dann in einem nächsten Schritt die geeigneten Instrumente technischer und kommunikativer Art, mit denen die Hemmnisse überwunden werden können, ausgewählt.

Für jede generelle Aufgabe ist in Abs. 6.2 bis 6.4 ein Prozessdiagramm dargestellt. Das Prozessdiagramm zeigt, welche konkreten Zielverhaltensweisen eine Bewohnerin resp. ein Bewohner befolgen müsste, um die generelle Aufgabe erfolgreich zu erfüllen.

Das Prozessdiagramm kann gegebenenfalls mehrere Ebenen von Prozessschritten beinhalten:

- *Primäre Zielverhaltensweise:* Die nach der generellen Aufgabe definierte, erste konkrete Zielverhaltensweise wird als primäre Zielverhaltensweise bezeichnet. Beispiel: Reduzierte Vorgabetemperatur bei der Heizung einstellen.
- *Sekundäre Zielverhaltensweise:* Aus der Ausführung (resp. Unterlassung) der primären Zielverhaltensweise resultiert ein Ergebnis, welche zu einer weiteren – sekundären – Zielverhaltensweise führen kann. Beispielsweise kann die Reduktion der Vorgabetemperatur bei der Heizung dazu führen, dass aufgrund der tieferen Raumtemperatur nun die Minderung von Behaglichkeitsdefiziten geprüft werden muss.
- *Tertiäre Zielverhaltensweise:* Eine tertiäre Zielverhaltensweise ist analog zur sekundären. Beispielsweise kann die Feststellung einer nicht mehr als behaglich empfundenen Raumtemperatur zur Ziel-

verhaltensweise führen, dass als Lösung ein Pullover angezogen werden sollte. Möglich ist in diesem Fall aber auch, dass die Person zum Schluss kommt, dass die Heizungssteuerung nicht zufriedenstellend funktioniert und eine entsprechende Kontrolle veranlassen kann. Beides sind tertiäre Zielverhaltensweisen.

Hemmnisse für energiesparendes Verhalten im Wohnbereich können bei jeder einzelnen primären, sekundären oder tertiären Zielverhaltensweise liegen. Für die Auswahl der Instrumente zur Förderung des energiesparenden Verhaltens ist deshalb eine Analyse der Hemmnisse für jede einzelne primäre, sekundäre und tertiäre Zielverhaltensweise notwendig. Diese Analyse wird für die Verwendungszweck-spezifischen Zielverhaltensweisen basierend auf den Prozessdiagrammen in den folgenden Kapiteln vorgenommen.

Bei der Analyse wurde erkannt, dass es Hemmnisse gibt, welche für alle Zielverhaltensweisen gleichermaßen gelten. Diese werden als übergeordnete Hemmnisse bezeichnet und sind daher bei den spezifischen Hemmnissen nicht mehr aufgeführt. Den übergeordneten Hemmnissen ist das Kapitel 6.6 gewidmet.

### 6.1.2 Festlegung von Infrastruktur und Interaktionsform

Die Prozessdiagramme für die Hemmnisanalyse wurden anhand eines von den Verfassern festgelegten technischen Standardsystems vorgenommen. Die Elemente des Standardsystems werden in der Auswertungstabelle für jede Verhaltensweise in der Rubrik 'Infrastruktur' kurz beschrieben. Als Standardsystem wurde eine mehrheitlich in Bestandsgebäuden anzutreffende Infrastruktur eingesetzt. Diese umfasst: Heizkörper mit Thermostatventil, manuelle Bedienung für Storen/Vorhänge, Licht und Geräte.

Die Interaktionsformen, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, werden durch die Annahmen zur Infrastruktur definiert und wurden ebenfalls in den Auswertungstabellen für jede Zielverhaltensweise definiert.

### 6.1.3 Kategorisierung möglicher Hemmnisse

Die Hemmnisse werden wie folgt kategorisiert:

- Auf der ersten Stufe werden die Hemmnisse nach übergeordneten und spezifischen Hemmnissen unterschieden. Übergeordnete Hemmnisse entfalten ihre Wirkung über Zielverhaltensweisen und Verwendungszwecke hinweg. Spezifische Hemmnisse wirken dagegen nur in Abhängigkeit der in der jeweiligen Handlungssituation gegebenen technischen Rahmenbedingungen.
- Auf der zweiten Stufe wird nach Handlungs- und Wirkungshemmnissen unterteilt. Ein Handlungshemmnis hindert eine nutzende Person daran, die Zielverhaltensweise auszuführen. Ein Wirkungshemmnis ergibt sich dagegen erst, wenn eine gewünschte Zielverhaltensweise umgesetzt ist, eine Wirkung jedoch aufgrund von Mängeln der technischen Infrastruktur nicht im erwarteten Mass eintritt. Weil sich Wirkungshemmnisse auf die technische Infrastruktur zurückführen lassen, sind sie immer spezifisch und technisch.
- Schliesslich wird auf der dritten Stufe zwischen technischen und nicht-technischen Handlungshemmnissen unterschieden. Als technische Handlungshemmnisse sind Eigenschaften der vorhandenen Infrastruktur definiert. Technische Hemmnisse können nur mit einer Anpassung der Infrastruktur behoben werden. Somit können technische Hemmnisse nicht durch das Verhalten direkt überwunden werden. Möglich ist aber, dass sie durch ortsspezifische alternative Handlungsweisen umgangen werden. Ebenfalls auf der dritten Stufe werden die nicht-technischen Hemmnisse nach den drei Komponenten Wollen, Können und Tun gemäss dem sozialpsychologischen Handlungsmodell nach Kap.5.2 kategorisiert.

Übergeordnet oder Spezifisch	Handlungs- bzw. Wirkungshemmnis	Zuordnung Wirkungsmodell
Übergeordnet	Handlungshemmnisse	Wollen
		Können
		Tun
Spezifisch	Handlungshemmnisse	Technisch
		Wollen
		Können
		Tun
	Wirkungshemmnisse	Technisch

Tabelle 6: Kategorisierung der Hemmnisse. Identisch für jede Zielverhaltensweise angewendet.

Die Hemmnisanalyse erfolgt somit nach diesem Raster, welches sich bei jeder Zielverhaltensweise nach dem jeweiligen Prozessdiagramm wiederfindet (siehe folgende Kapitel). Weil die übergeordneten Hemmnisse in jedem Raster wiederholt werden müssten, ist ihnen ein eigenes Kapitel (Kap. 6.6) gewidmet. In den einzelnen Rastern der spezifischen Hemmnisse sind die übergeordneten Hemmnisse daher nicht enthalten.

#### 6.1.4 Beurteilung der Hemmnisse

Die Hemmnisse werden, mit Blick auf die auszuwählenden Instrumente für deren Beseitigung, auf einer Skala von 1 bis 3 beurteilt. Die Beurteilungen sind in den folgenden Kapiteln als Zahlen in Klammern hinter den jeweiligen Hemmnissen zugeordnet. Die Werte bedeuten folgendes:

(1) *Wenig relevantes Hemmnis*: Wenn das Hemmnis beseitigt werden kann, ist zu erwarten, dass dadurch nur wenig mehr Personen das jeweilige konkrete Zielverhalten ausführen und dass infolgedessen nur geringe Energieeinsparungen ausgelöst werden.

(2) *Mittel relevantes Hemmnis*: Wenn das Hemmnis beseitigt werden kann, ist zu erwarten, dass dadurch einige Personen mehr das jeweilige konkrete Zielverhalten ausführen und dass infolgedessen Energieeinsparungen im mittleren Bereich ausgelöst werden.

(3) *Stark relevantes Hemmnis*: Wenn das Hemmnis beseitigt werden kann, ist zu erwarten, dass dadurch viel mehr Personen das jeweilige konkrete Zielverhalten ausführen und dass infolgedessen grosse Energieeinsparungen ausgelöst werden. Der Umfang der Energieeinsparungen ist dabei immer relativ zu den Einsparungspotenzialen der entsprechenden Zieleverhaltensweise zu verstehen.

(RB) Hemmnisse, welche aufgrund von möglicherweise unterschiedlichen Rahmenbedingungen in konkreten Gebäuden nicht allgemeingültig eingestuft werden können, sind mit (RB) für Rahmenbedingung gekennzeichnet.

Die Beurteilung wurde von den Mitgliedern des Projektteams unabhängig voneinander vorgenommen. Bei unterschiedlichen Beurteilungen wurden sie anschliessend diskutiert und bereinigt.

Die Beurteilungen der spezifischen Hemmnisse finden sich in den einzelnen Tabellen in den folgenden Kapiteln. Für die übergeordneten Hemmnisse finden sich die Beurteilungen im Kapitel 6.6.



## 6.2 Wärme für Raumheizung

Für die Energieeinsparung bei der Raumheizung werden drei gleich wichtige Aufgaben gestellt: *Raumtemperatur senken* sowie *Solargewinne steigern* und *Lüftungsverluste reduzieren*.

### 6.2.1 Raumtemperatur senken

Innerhalb des Verwendungszwecks der Wärme für Raumheizung ist die Reduktion der Raumtemperatur die Massnahme mit der direktesten Wirkung. Das Prozessdiagramm (Abbildung 4: Prozessdiagramm für die Zielverhaltensweise 'Raumtemperatur senken'.) zeigt die relativ komplexe Abfolge von primären, sekundären und tertiären Zielverhaltensweisen auf.

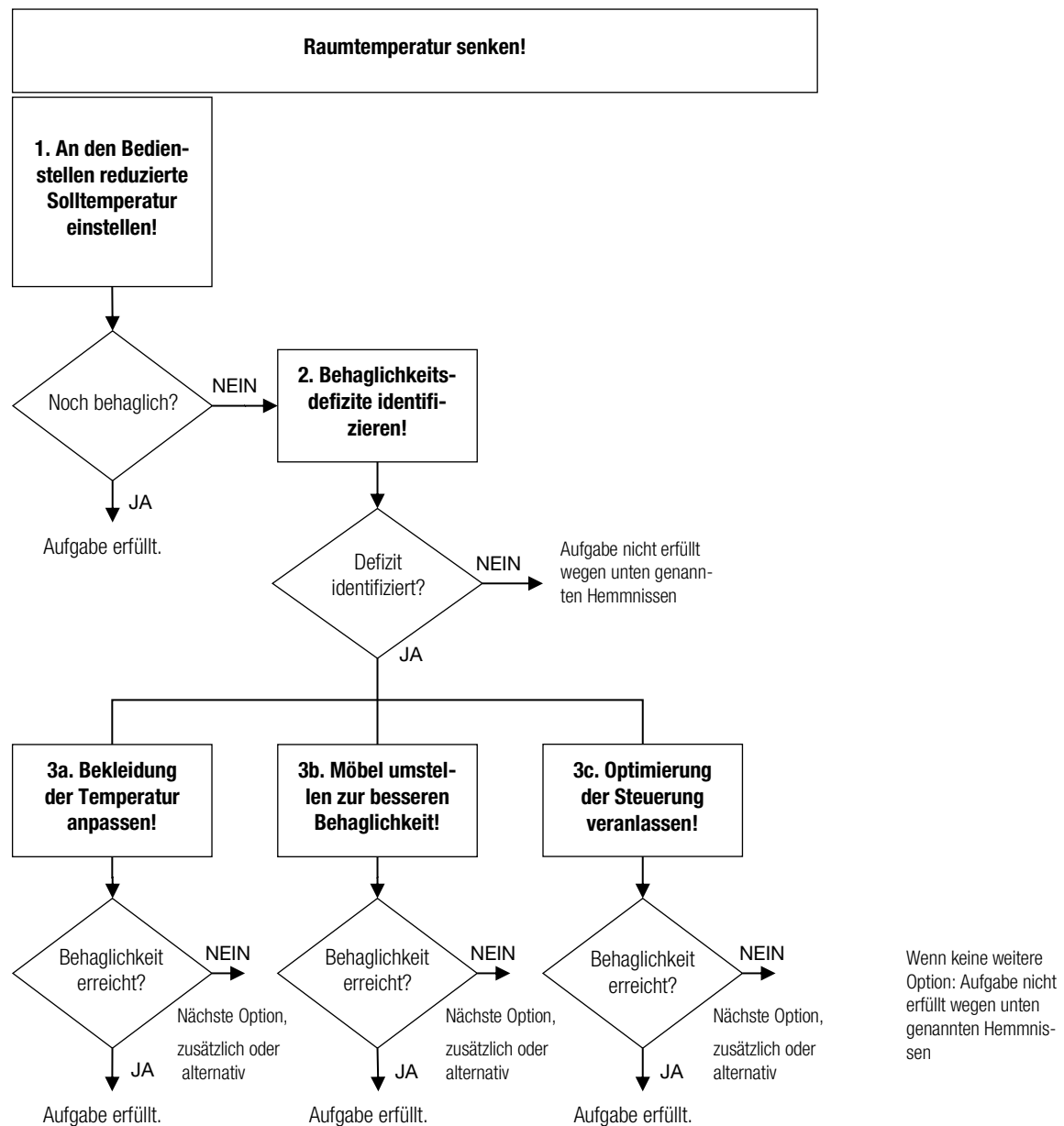


Abbildung 4: Prozessdiagramm für die Zielverhaltensweise 'Raumtemperatur senken'.

### Ergebnis der Hemmnisanalyse

Die Tatsache, dass innerhalb der Thematik der Raumtemperatur-Reduktion gesamthaft fünf Zielverhaltensweisen unterschieden werden, führt zu den nachfolgenden fünf Tabellen, in denen die jeweiligen eruierten Hemmnisse dargestellt werden (Tabelle 7 bis Tabelle 11).

Aufgabe	<b>1. An den Bedienstellen reduzierte Solltemperatur einstellen!</b>	
Infrastruktur	Heizkörper-Thermostaten	
Interaktionsform	Überwachungssteuerung	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Regulierung der reduzierten Solltemperatur durch Drehen der Ventilköpfe</b>	
Erfolgskriterium	Thermische Behaglichkeit bei reduzierter Temperatur ist gewährleistet.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Bauliche Gegebenheiten, Anordnung der Bedienelemente erschweren Zugänglichkeit und Bedienbarkeit. (1) Bedienelemente sind defekt. (RB)
	Wollen	Befürchtungen: Ungenügende Wärme (3) Unpassende Kleider (2) Zeitlicher und mentaler Aufwand durch ... Schwere Zugänglichkeit; (1) Verteilte Bedienstellen (1) Zeitliche und temperaturbezogene Optimierungsnotwendigkeit durch Nachregulierungen (3) Gesundheitliche Risiken (1) Kulturelle Normen (Wärme = Status; 1) Soziale Normen (Gäste oder Mitbewohnende fühlen sich nicht wohl; 2)
	Können	Unzureichendes Handlungswissen: fehlende Kenntnisse über Funktion oder Bedienung des Thermostaten (2)
	Tun	Konkurrierende Motive z.B. kurzfristig wirksame Motive (schreiendes Kind, Telefon, ...) (2)
Wirkungshemmnisse	Technisch	Mangelhafter hydraulischer Abgleich führt zu schlechtem Regelverhalten. (RB) Übergeordnete Steuerung wirkt störend. (RB)

Tabelle 7: Hemmnisse und deren Beurteilung für die primäre Zielverhaltensweise 'Reduzierte Solltemperatur einstellen'

Aufgabe	<b>2. Behaglichkeitsdefizite bei reduzierter Raumtemperatur identifizieren!</b>	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation	
Interaktionsform	(nicht anwendbar)	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Analyse der Behaglichkeitssituation vor Ort. Selbstanalyse aufgrund von Merkblättern oder Beratung.</b>	
Erfolgskriterium	Behaglichkeitsdefizite bei reduzierter Temperatur sind identifiziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Keine
	Wollen	Mentaler Aufwand: Sich nicht mit dem Problem auseinander setzen wollen, d.h. einfach Heizung auf voll, dann ist's behaglich. (3)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine

Tabelle 8: Hemmnisse und deren Beurteilung für die sekundäre Zielverhaltensweise 'Identifikation Behaglichkeitsdefizite'.

Aufgabe	3a. Bekleidung der reduzierten Raumtemperatur anpassen	
Infrastruktur	Persönliche Kleider	
Interaktionsform	Direkter Eingriff	
Konkrete Zielverhaltensweise	Bekleidung situativ an energieoptimiertes Raumklima anpassen	
Erfolgskriterium	Behaglichkeit bei reduzierter Temperatur erreicht.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Keine
	Wollen	Befürchtungen: Komfortreduzierung (2) Soziale Norm: Erwartung, dass man ausgelacht wird, dass Gäste sich nicht wohl fühlen etc. (2)
	Können	Keine passende Kleidung vorhanden (1)
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine

Tabelle 9: Hemmnisse und deren Beurteilung für die tertiäre Zielverhaltensweise 'Bekleidung anpassen' – Option a).

Aufgabe	3b. Möblierung umstellen zur Verbesserung der Behaglichkeit.	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation, Möblierung	
Interaktionsform	Direkter Eingriff	
Konkrete Zielverhaltensweise	Möbel umstellen	
Erfolgskriterium	Behaglichkeit bei reduzierter Temperatur erreicht.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Möbel zu schwer, keine Hilfe bei Umstellung. (1) Abmessungen der Möbel, Raumlayout lassen keine bessere Möblierung zu. (RB)
	Wollen	Befürchtungen: Zu grosser zeitlicher und physischer Aufwand (2) Komfortverlust (1) Soziale Norm: Erwartungen der Mitbewohnenden (3) Eigene Norm: eine die Situation verbessernde Möblierung steht im Widerspruch mit den eigenen ästhetischen, praktischen Ansprüchen. (2)
	Können	Ungenügende Fähigkeiten (Kraft, 1)
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine

Tabelle 10: Hemmnisse und deren Beurteilung für die tertiäre Zielverhaltensweise Möblierung umstellen' – Option b).

Aufgabe	3c. Optimierung der übergeordneten Steuerung veranlassen	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation, Mietverhältnis	
Interaktionsform	Direkter Eingriff	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Nutzer: Reklamation der Wirkungshemmnisse gem. Tabelle 7 bei der Verwaltung.</b> <b>Verwaltung: Optimierung Steuerung und hydraulischer Abgleich.</b>	
Erfolgskriterium	Behaglichkeit bei reduzierter Temperatur erreicht.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Systemkomponenten sind nicht optimierbar. (RB)
	Wollen	Befürchtungen: Beeinträchtigung des Verhältnisses mit Vermieter und anderen Mietern (3) Behaglichkeit wird nicht erreicht oder verschlechtert (2) Mentaler und zeitlicher Aufwand (2) Exponieren durch Kontaktaufnahme (2) Folgeprobleme (weil man 'Probleme bereitet') (2) Soziale Norm (z.B. Befürchtung einer nicht gewollten Imageänderung) (2)
	Können	Fehlende Kontaktmöglichkeiten (1)
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	System ist nicht optimierbar. (RB)

Tabelle 11: Hemmnisse und deren Beurteilung für die tertiäre Zielverhaltensweise 'Optimierung der übergeordneten Steuerung veranlassen – Option c).

### Interpretation

Die am meisten relevanten Hemmnisse sind im Bereich des Wollens mit egoistisch-materiellem Motiv konstatiert worden: Die Benutzenden befürchten, dass es in der Wohnung zu kalt ist und sie befürchten Bequemlichkeitsverluste durch andauerndes Nachregulieren der Vorgabetemperatur. Diese Befürchtungen sind letztlich nur durch Erfahrungen zu zerstreuen. Es sollen deshalb Instrumente ausgewählt werden, welche a) dazu führen, dass die Befürchtungen argumentativ so weit zerstreut werden, dass ein probeweises Verhalten ausgeführt werden kann und b) welche ein probeweises Verhalten anregen.

Die probeweise Reduktion der Vorgabetemperatur kann dazu führen, dass Behaglichkeitsdefizite festgestellt werden, wodurch die weiteren Hemmnisse relevant werden können, wenn die Behaglichkeitsdefizite vermindert werden sollen. Die relevantesten Hemmnisse diesbezüglich finden sich beim sozialen Motiv: Man befürchtet, dass sich Gäste nicht wohl fühlen, dass Mitbewohnende mit allfälligen Möbelumstellungen für die Minderung von Behaglichkeitsdefiziten nicht einverstanden sind oder – im Fall dass die übergeordnete Steuerung nicht gut funktioniert – dass bei einer Reklamation das Verhältnis zum Vermieter resp. zur Verwaltung beeinträchtigt wird. Möglichkeiten diesen Hemmnissen entgegenzutreten sind bei der Instrumentenkonzeption zu suchen und dürften am ehesten in Kommunikationsmassnahmen zu finden sein.

Wichtig ist auch, dass bei allen hier betrachteten Zielverhaltensweisen zusammen acht technische Hemmnisse zu finden sind, welche oft mittels Ausstattung, Anordnung von Bedienelementen etc. beseitigt oder gelindert werden können. Beispielsweise wird durch eine zentrale Bedienung der Thermostaten – evtl. über das Smartphone und/oder mit Programmierung – die Reduktion der Vorgabetemperatur stark erleichtert. Allerdings ist darauf zu achten, dass die Bedienung einfach und schnell bleibt, weil sonst allenfalls die Fähigkeiten zur Bedienung fehlen, resp. die Zeit nicht aufgebracht wird, um die Bedienung zu lernen.

Dieses Beispiel zeigt zugleich, dass technische Lösungen auch zu Folgehemmnissen führen können. In diesem Fall sind es fehlende Fähigkeiten und somit Hemmnisse im Bereich Können.

Gewohnheiten und fehlende Disziplin als übergeordnete Hemmnisse können auch mittels technischer Mittel gemildert werden. Im Kapitel 5.2 wurde erwähnt, dass diesen Hemmnissen beispielsweise mit Zustandsanzeigen begegnet werden kann. Exemplarisch hierfür kann im Fall der Zielverhaltensweise 'Re-

duktion der Vorgabetemperatur' eine rote Anzeige darauf aufmerksam machen, dass man sich nicht mehr im Effizienzbereich (d.h. in diesem Fall in einer Umgebung mit zu hoher Temperatur) befindet. Eine grüne Anzeige würde dementsprechend anzeigen, dass man sich im Effizienzbereich befindet, welcher erst noch positiv auf die Gesundheit wirkt (weniger trockene Raumluft).

### 6.2.2 Solargewinne steigern und Lüftungsverluste reduzieren

Das Zulassen von Solareinstrahlung und die Reduktion von Lüftungsverlusten im Winter führt wie das Absenken der Raumtemperatur dazu, dass Energie aus dem Wärmeerzeugungssystem für die Raumheizung eingespart werden kann. Das nachstehende Prozessdiagramm weist zwei primäre Zielverhaltensweisen als Teilaufgaben auf gleicher Ebene auf.

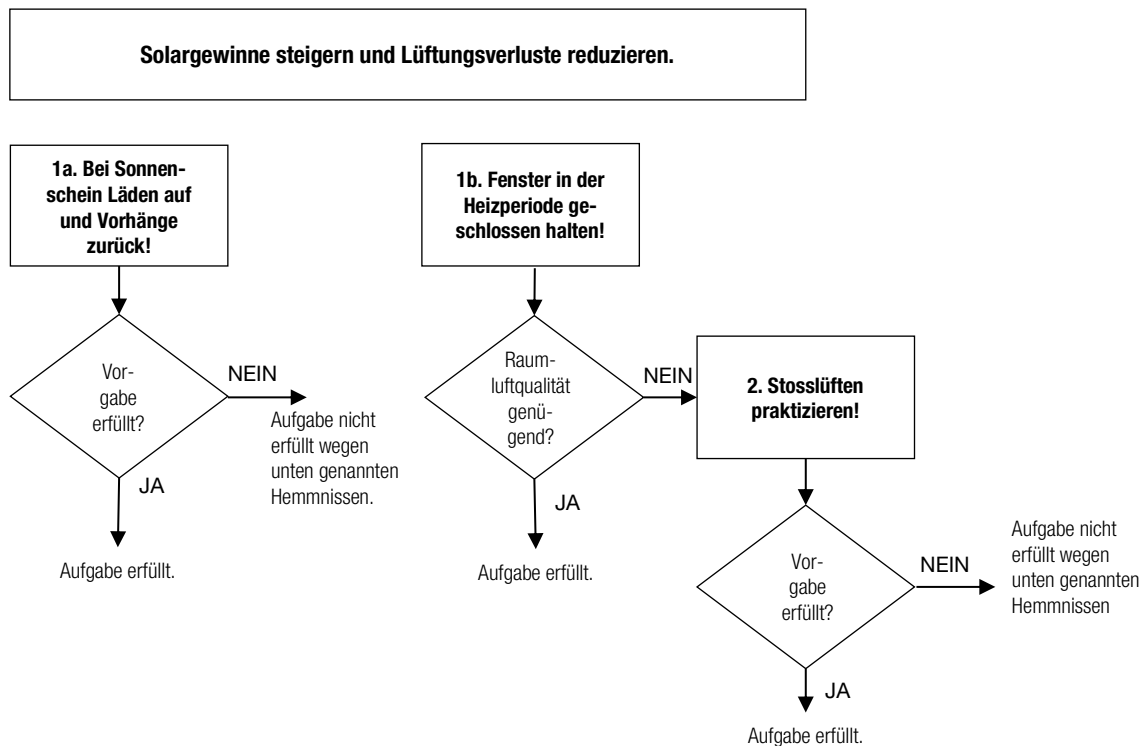


Abbildung 5: Entscheidungsdiagramm für die Zielverhaltensweise 'Solargewinne steigern und Lüftungsverluste reduzieren'.

### Ergebnis der Hemmnisanalyse

Entsprechend den drei Zielverhaltensweisen im Prozessdiagramm, ergeben sich drei Tabellen mit den dazugehörigen Hemmnissen (Tabelle 12 bis Tabelle 14)

Aufgabe	<b>1a. Sonneneinstrahlung zulassen durch hochgezogene Rollläden, zurückgezogene Vorhänge!</b>	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation, manuelle Bedienung Storen und Vorhänge	
Interaktionsform	Manuelle Steuerung	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Rollläden hochziehen, Vorhänge zurückziehen</b>	
Erfolgskriterium	Solargewinne werden gesteigert. Bei Sonnenschein werden Heizkörper kalt und Raumtemperatur steigt.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Zugänglichkeit zur Storenbedienung durch Einrichtung erschwert. (2)
	Wollen	Befürchtungen: Fehlende Privatsphäre, kein Sichtschutz, Befürchtung, dass jemand durch das Fenster in die Wohnung schaut (3) Schäden wegen zu hohem Licht- Wärmeeintrag (z.B. Gemälde, Stoffe bleichen aus, 2) Geringere Handlungsfähigkeit wegen zu hohem Lichteintrag (z.B. Bildschirme, Leuchtdichtedifferenz) und Wärmeeintrag (Schwitzen) (3) Hoher zeitlicher Aufwand (z.B. Anpassen an wechselnde Besonnung, 3) Soziale Norm (MitbewohnerInnen haben andere Präferenzen, 2)
	Können	Fehlendes Handlungswissen (keine Kenntnis der Handlungsoption, 3)
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine Besonnung der Fenster durch äussere Verbauung. (RB) Übergeordnete Steuerung schliesst Storen bei Sonnenschein im Winter. (1)

Tabelle 12: Hemmnisse und deren Beurteilung für die primäre Zielverhaltensweise 'Solareinstrahlung zulassen'.

Aufgabe	<b>1b. Fenster in Heizperiode generell geschlossen halten!</b>	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation, manuelle Bedienung Fenster	
Interaktionsform	Manuelle Steuerung.	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Auf stets dicht geschlossene Fenster achten.</b>	
Erfolgskriterium	Fenster geschlossen, keine Kippstellung.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Keine
	Wollen	Bedürfnis zu Kühlen (bei Überhitzung, 3) Befürchtungen: Zu wenig Behaglichkeit Zu wenig Sauerstoff resp. zu viel CO <sub>2</sub> (3) Zu wenig 'Freiheits-Gefühl' (2) Geruchsbelastung „schlechte Luft“ (2) Beeinträchtigung der Gesundheit (2)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Undichte Fenster/Gebäudehülle. (RB)

Tabelle 13: Hemmnisse und deren Beurteilung für die sekundäre Zielverhaltensweise 'Fenster generell geschlossen halten'.



Aufgabe	<b>2. Energieoptimiertes Lüftungsverhalten durch Stosslüften!</b>	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation	
Interaktionsform	Manuelle Steuerung (manuelle Bedienung Fenster)	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Lüften nach dem Prinzip Stosslüften (kurz aber heftig).</b>	
Erfolgskriterium	Gute Raumlufthqualität bei minimalen Fensteröffnungszeiten erreicht.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Zugänglichkeit zu den Fenstern durch Einrichtung erschwert. (3) Fenster lassen sich aufgrund der Einrichtung nicht voll öffnen. (3)
	Wollen	Befürchtungen: Einschränkung der Behaglichkeit, weil Temporär zu tiefe Temperaturen (2) Durchzug (3) Insekten im Haus (1) Soziale Norm: Mitbewohnende reklamieren, weil kurzzeitig zu kalt (2)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Undichte Fenster/Gebäudehülle (RB).

Tabelle 14: Hemmnisse und deren Beurteilung für die tertiäre Zielverhaltensweise 'Stosslüften praktizieren'.

### Interpretation

Die beiden primären Zielverhaltensweisen, 1a und 1b, könnten auch als unabhängige Zielverhaltensweisen dargestellt werden, weil deren Umsetzung nicht zwingend im gleichen Zusammenhang erfolgen muss.

*Rollläden hochziehen, Vorhänge zurückziehen:* Mit dieser Verhaltensweise sollen Solargewinne zugelassen werden. Wie bei der Reduktion der Raumtemperatur am Thermostat sind die meisten Hemmnisse im Bereich des Wollens angesiedelt. Drei von fünf Hemmnisse im Bereich Wollen werden als stark relevant beurteilt: fehlende Privatsphäre/Sichtschutz, zu hoher Licht- und Wärmeeintrag und hoher zeitlicher Aufwand. Das letztere Hemmnis kann gemindert werden, indem elektrische Storen oder Vorhänge eingebaut werden. Von kommunikativen Massnahmen im Sinne der Persuasion erwartet die Autorenschaft keine wesentliche Wirkung. Effekte sind allenfalls durch individuelle Beratungen zu erwarten, bei denen Anregungen zur Optimierung der Anordnung der Möbel gegeben werden können. Den Argumenten der fehlenden Privatsphäre und des zu hohen Lichteintrags kann mit Hinweisen und Beratung zu einem geeigneten, innenliegenden Blend- und Sichtschutz (leichte Vorhänge) entgegnet werden. Unabhängig davon ist das Hemmnis, dass die Wirkung der Solareinstrahlung gar nicht bewusst ist und deshalb diese Verhaltensoption nicht als bekannt gelten kann, von grosser Relevanz. Dieses Hemmnis kann mit kommunikativen Massnahmen (z.B. Informations-Faltblatt) relativ leicht gemindert werden. Wie bei allen Zielverhaltensweisen gelten hier auch die Ausführungen und Beispiele zu den Verwendungszweck-übergeordneten Hemmnissen.

*Auf stets geschlossene Fenster achten:* Mit dieser Verhaltensweise sollen die Lüftungsverluste minimiert werden. Verhaltensspezifische Hemmnisse sind nur im Bereich Wollen festgestellt worden. Die Befürchtungen, dass zu wenig Sauerstoff resp. zu viel CO<sub>2</sub> im Raum vorhanden ist, und dass die Temperatur zu hoch wird, sind als stark relevant beurteilt worden. Grundsätzlich können diese Befürchtungen durch Erfahrungswerte zerstreut werden. Möglichkeiten dazu sind Rückmeldungen über Klimawerte im Wohnraum, z.B. technische Instrumente, welche den CO<sub>2</sub>-Gehalt, den Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur messen und über die Kombination dieser Werte 'gute' (gesunde, behagliche) Zustände von zu optimierenden Zuständen unterscheiden und dies zurückmelden. Diese Anzeige kann im Fall von nicht optimalen

Zuständen beispielsweise verbunden werden mit Vorschlägen zur Optimierung: Bei hohem CO<sub>2</sub>-Gehalt kann der Vorschlag zum Stosslüften aufscheinen etc.

*Stosslüften praktizieren:* Die relevantesten Hemmnisse liegen im technischen Bereich, in dem die Zugänglichkeit zu den Fenstern erschwert ist und/oder in dem sich die Fenster nicht vollständig öffnen lassen. Beide Hemmnisse sind in aller Regel durch die Anordnung der Möbel verursacht. Die Anordnung der Möbel lässt sich am einfachsten noch vor dem Einzug beeinflussen. Viele Benutzende planen die Möblierung einer neuen Wohnung im Voraus mittels Plänen, auf denen bestehende Möbel-Schemata herum geschoben werden und die Anschaffung neuer Möbel geplant werden. In dieser Phase kann am ehesten auf die Anordnung der Möbel Einfluss genommen werden. Denkbar sind z.B. Merk- oder Hilfsblätter, Checklisten oder ähnliches, welche den zukünftigen Benutzenden aufzeigen, auf was geachtet werden soll. Die Erläuterungen dazu würden die erwünschten Verhaltensweisen aufführen (z.B. Stosslüften praktizieren), die Begründung für die Erwünschtheit des Verhaltens liefern und gegebenenfalls positive Nebeneffekte (z.B. gesundheitliche Effekte) erwähnen. Gleichzeitig bietet eine Intervention noch vor dem Einzug die Chance für das Anregen von Verhaltensweisen, welche zu positiven Gewohnheiten in der neuen Wohnung werden sollen (vgl. Verwendungszweck-übergeordnete Hemmnisse).

Eine stark undichte Gebäudehülle, wie sie allenfalls bei mit Mängeln behafteten Altbauten noch anzutreffen ist, ist ein Wirkungshemmnis in Bezug auf das optimierte Lüftungsverhalten und muss als zu eliminierende Rahmenbedingung bewertet werden.

## 6.3 Wärme für Warmwasser

Für den Verwendungszweck Warmwasser kann der Energieverbrauch gesenkt werden, indem generell weniger Warmwasser gezapft wird. Wie dem nachstehenden Prozessdiagramm zu entnehmen ist, können drei Zielverhaltensweisen auf gleicher Ebene formuliert werden: die Nutzungshäufigkeit reduzieren, die Nutzungsdauer reduzieren und die Mischtemperatur reduzieren.

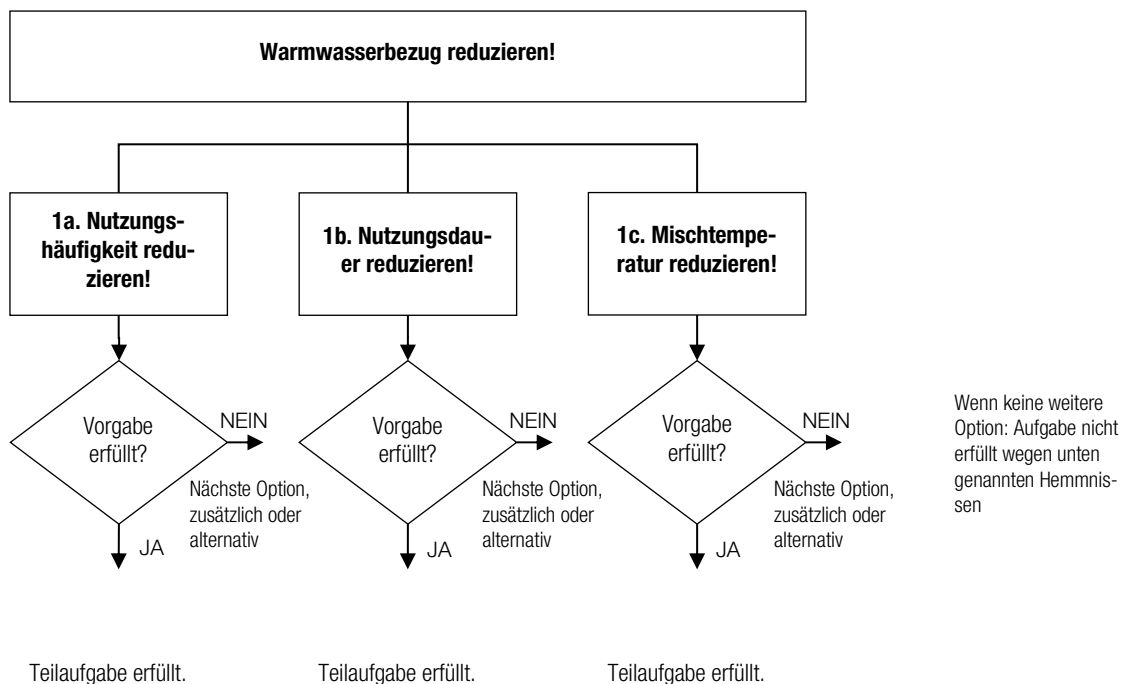


Abbildung 6: Entscheidungsdiagramm für die Zielverhaltensweise 'Warmwasserbezug reduzieren'.

### Ergebnis der Hemmnisanalyse

Die Ergebnisse der Hemmnisanalysen sind in Tabelle 15 bis Tabelle 17 – je eine für jede Zielverhaltensweise gemäss vorstehendem Prozessdiagramm – zusammengestellt.

Aufgabe	<b>1a. Die Nutzungshäufigkeit von Warmwasser generell reduzieren, häufiger nur Kaltwasser zapfen!</b>	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation	
Interaktionsform	Direkter Eingriff	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Weniger häufig Baden, Duschen. Händewaschen nur mit Kaltwasser.</b>	
Erfolgskriterium	Warmwasserverbrauch wird reduziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	keine
	Wollen	Befürchtungen: Weniger Komfort (3) Weniger Hygiene (3) Soziale Norm: Angst vor Imageschädigung bzgl. eigener Hygiene (3) Angst vor Imageschädigung bzgl. der eigenen Verhaltensweise gegenüber Andern (2)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine

Tabelle 15: Hemmnisse und deren Beurteilung für die primäre Zielverhaltensweise 'Warmwasserbezug reduzieren' – Option a: weniger häufige Nutzung.

Aufgabe	<b>1b. Bei der Warmwasser-Nutzung die Nutzungsdauer reduzieren!</b>	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation, Mischbatterie Warmwasser	
Interaktionsform	Direkter Eingriff bzw. Manuelle Steuerung	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Hahn abstellen beim Einseifen (duschen, Hände waschen) Kürzer duschen Weniger Wasser beim Baden</b>	
Erfolgskriterium	Warmwasserverbrauch wird reduziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Keine
	Wollen	Befürchtungen: Zu wenig Komfort (an-/abstellen, Hahn abstellen, 3) Zu wenig Komfort (frieren, ungemütlich beim Baden oder duschen, 3) Zu wenig Hygiene (3) Soziale Norm: Angst vor Imageschädigung Verhaltensweise (1)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Kein

Tabelle 16: Hemmnisse und deren Beurteilung für die primäre Zielverhaltensweise 'Warmwasserbezug reduzieren' – Option b: Menge pro Mal reduzieren.

Aufgabe	1c. Bei der Warmwasser-Nutzung die Mischtemperatur reduzieren.	
Infrastruktur	Konkrete Wohnsituation, Mischbatterie Warmwasser, Geschirrspüler	
Interaktionsform	Manuelle Steuerung	
Konkrete Zielverhaltensweise	Warmwassertemperatur an der Mischbatterie reduzieren, beim Hände waschen, Duschen, Baden.	
Erfolgskriterium	Warmwasserverbrauch wird reduziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Untaugliche Mischbatterie bzw. Drehhähnen. (RB) Schlechte Regeleigenschaften für stabile Mischtemperatur.(RB)
	Wollen	Befürchtungen: Zu wenig Komfort (zu kühle Temperatur; duschen, baden, 3) Zu wenig Hygiene (2)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine

Tabelle 17: Hemmnisse und deren Beurteilung für die primäre Zielverhaltensweise 'Warmwasserbezug reduzieren' – Option c: Temperatur reduzieren.

### Interpretation

Die relevantesten Hemmnisse sind bei den einzelnen Zielverhaltensweisen zwar leicht anders gelagert, im Prinzip jedoch die gleichen. Sie sind im Bereich Wollen angesiedelt und thematisieren die Befürchtungen über mangelnde Hygiene und weniger Komfort, wenn weniger oft warmes Wasser, pro Nutzung weniger Wasser oder kälteres Wasser benützt werden soll.

Befürchtungen über eingeschränkten Komfort sind vermutlich sehr schwer mittels direkter Adressierung zu zerstreuen. Es dürfte in diesem Fall mehr Sinn machen, über Instrumente, welche das moralische Motiv ansprechen, zu arbeiten. Amphiro – ein Gerät, welches bei der Dusche installiert wird, den Wasserdurchfluss misst und mittels Display, welches einen Eisbären zeigt, der mit fortschreitendem Wasserverbrauch auf einer immer kleineren Eisscholle steht – funktioniert über das moralische Prinzip. Es ist ein einfaches und günstiges Gerät, welches auch einfach installiert werden kann. Die Wirkung entfaltet es jedoch nur, wenn die nutzende Person die Klimaerwärmung (auf welche das Bild des Eisbären anspricht) als Problem wahrnimmt und glaubt, dass mit dem Sparen von Warmwasser ein Beitrag zur Lösung des Problems geleistet werden kann (Selbstwirksamkeitserwartung). Amphiro spricht letztlich die mangelnde Verantwortungsübernahme an – ein Verwendungszweck-übergeordnetes stark relevantes Hemmnis. Gleichzeitig wirkt er im Sinne eines Verhaltensfeedbacks am Ort des Verbrauchs als Erinnerung an eine Verhaltensabsicht und mindert dadurch Disziplinprobleme – ebenfalls ein Verwendungszweck-übergeordnetes stark relevantes Hemmnis.

Damit eine Verhaltensänderung letztlich auch ihre Wirkung entfaltet, ist es natürlich unabdingbar, dass die Mischbatterien und andere Armaturen auch einwandfrei funktionieren (Rahmenbedingung).

Grundsätzlich denkbar sind an dieser Stelle auch Nudging<sup>2</sup>-Ansätze. Ein Beispiel dafür ist eine Mischbatterie bei deren Bedienung beim Übergang von kaltem zu warmem Wasser (nicht aber in umgekehrter Richtung) ein kleiner Widerstand des Regulierungshebels eingebaut ist oder eine Mischbatterie, welche von kalt über die Mittelstellung zu warm nicht kontinuierlich Warmwasser zumischt, sondern die Warmwasserbeimischung erst ab der Mittelstellung beginnt.

Bezüglich der hygienischen Bedenken sind schwer andere Massnahmen als Informationsmassnahmen denkbar. Verbunden werden können diese Aufklärung über die hygienischen Folgen der Nutzung von kälterem Wasser jedoch auch mit Hinweisen zu anderen positiven Effekten wie gesundheitlich positiven Auswirkungen.

<sup>2</sup> Nudging bedeutet, die Anwender mit unaufdringlichen aber wirksamen Mitteln zur gewünschten Verhaltensweise zu bewegen.

## 6.4 Haushaltstrom

### 6.4.1 Waschen und Trocknen

Das nachfolgende Prozessdiagramm zeigt, dass Waschen und Trocknen in eine primäre und je zwei sekundäre und tertiäre Zielverhaltensweisen aufgeteilt ist. Die zweite sekundäre Zielverhaltensweise 'energieeffizient trocknen' kann auf zwei unterschiedliche Arten ausgeführt werden. Die tertiären Zielverhaltensweisen sind entsprechend Konkretisierungen der Aufgabe 'energieeffizient trocknen'.

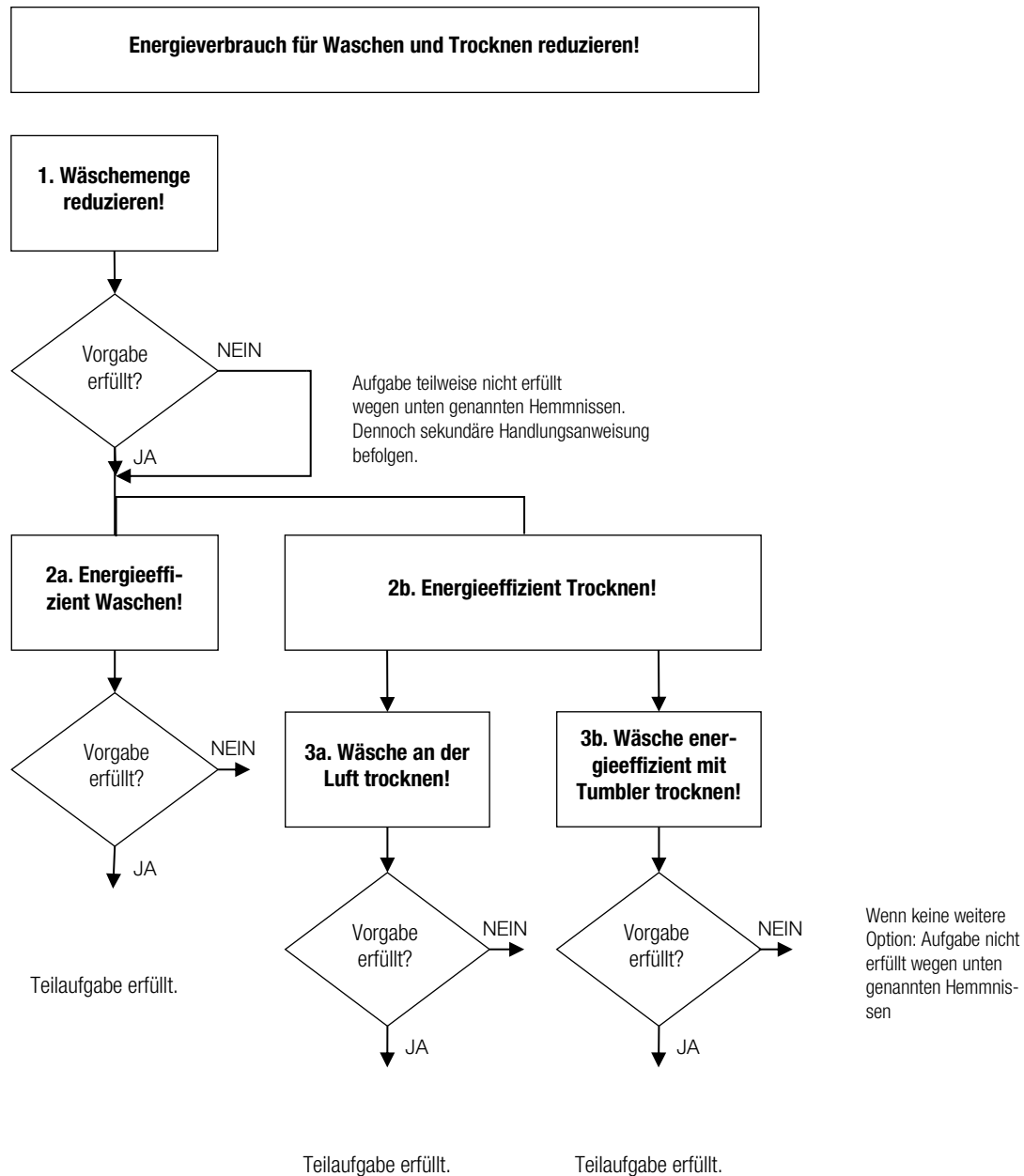


Abbildung 7: Entscheidungsdiagramm für die Zielverhaltensweise 'Energieverbrauch für Waschen und Trocknen reduzieren'.

### Ergebnis der Hemmnisanalyse

Weil die beiden tertiären Zielverhaltensweisen Konkretisierungen der sekundären Zielverhaltensweise 'energieeffizient trocknen' ist, können vier unterschiedliche Zielverhaltensweisen unterschieden werden.

Die folgenden vier Tabellen, Tabelle 18 bis Tabelle 21, stellen die Ergebnisse der Hemmnisanalyse pro Zielverhaltensweise dar.

Aufgabe	<b>1. Die Menge der zu waschenden und danach zu trocknenden Wäsche reduzieren!</b>	
Infrastruktur	Konkrete Wohn- und Lebenssituation	
Interaktionsform	Direkter Eingriff	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Wäsche-Menge reduzieren; durch mehrfaches Tragen; durch Auslüften anstelle Waschen.</b>	
Erfolgskriterium	Die Menge der zu waschenden Wäsche wird reduziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Kein
	Wollen	Befürchtungen: Ungenügende Hygiene (3) Fehlende Abwechslung im Kleiderstil, weil gleiche Kleider länger getragen werden (3) Fehlende Ordentlichkeit (Wäscheberge, 1) Soziale Norm (Hygiene, Abwechslung, 2)
	Können	keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine

Tabelle 18: Hemmnisse und deren Beurteilung für die primäre Zielverhaltensweise 'Wäschemenge reduzieren'.

Aufgabe	<b>2. Die Wäsche möglichst energieeffizient waschen!</b>	
Infrastruktur	Vorhandene Waschmaschine	
Interaktionsform	Manuelle Steuerung (evtl. Überwachungssteuerung)	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Füllgewicht und Waschtemperatur gemäss Anleitung zur Maschine und Wäsche beachten und einhalten.</b>	
Erfolgskriterium	Der Energieverbrauch für Waschen wird reduziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Anleitung für optimiertes Waschen mit der spezifischen Maschine fehlt. (2) Maschine kann nicht optimiert eingestellt werden. (RB) Zu gross dimensionierte Waschmaschine (MFH <-> 1-Personen-HH) (RB)
	Wollen	Befürchtungen: Fehlende Sauberkeit (3) Zu grosser Aufwand aufs Mal (1) Zu lange Waschzeiten (bei minimaler Temperatur, 3)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Maschine ist generell ineffizient. (RB)

Tabelle 19: Hemmnisse und deren Beurteilung für die sekundäre Zielverhaltensweise 'Energieeffizient waschen'.



Aufgabe	<b>3a. Die Wäsche an der Luft trocknen!</b>	
Infrastruktur	Vorhandener Trocknungsraum, Trocknungsplatz	
Interaktionsform	Direkter Eingriff	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Wäsche im Trocknungsraum, Trocknungsplatz aufhängen.</b>	
Erfolgskriterium	Wäsche wird an der Luft getrocknet.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Trocknungsraum, Trocknungsplatz fehlt. (RB) Zu wenig Platz (in der Wohnung) (3) Zu kalter oder zu feuchter Trocknungsraum (3) Keine Wäscheklammern vorhanden (RB)
	Wollen	Befürchtungen: Konflikte mit Nachbarn (weil Wäsche zu lange hängt) (3) Zu viel Zeitaufwand (3) Zu viel physischer Aufwand (Treppensteigen) (2) Ungünstige Trocknungsergebnisse (z.B. zerknitterte Kleider, Abdrücke von Wäscheklammern) (1)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Bei Trocknen ganzer Ladungen in der Wohnung ist erhöhter Luftwechsel zur Abfuhr der Feuchte erforderlich -> erhöhter Lüftungsverlust. (2)

Tabelle 20: Hemmnisse und deren Beurteilung für die Zielverhaltensweise 'Energieeffizient trocknen' – Option a: Wäsche an der Luft trocknen.

Aufgabe	<b>3b. Die Wäsche energieeffizient mit Tumbler trocknen!</b>	
Infrastruktur	Vorhandener Tumbler	
Interaktionsform	Manuelle Steuerung (evtl. Überwachungssteuerung)	
Konkrete Zielverhaltensweise	<b>Füllgewicht gemäss Anleitung zur Maschine beachten und einhalten. Nur minimal erforderlichen Trocknungsgrad einstellen.</b>	
Erfolgskriterium	Der Energieverbrauch für Trocknen mit Tumbler wird reduziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Anleitung für optimiertes Trocknen mit der spezifischen Maschine fehlt. (3) Maschine lässt sich nicht optimiert einstellen. (RB) zu hoher Zeitaufwand (Anleitung lesen, 2)
	Wollen	Befürchtungen über ... Schlechtes Trocknungsergebnis (zu feucht, 2) fehlende Verfügbarkeit von Kleidern (1)
	Können	Fehlendes Handlungswissen: Unkenntnis über optimales Füllgewicht (keine Anleitung, 3) Unkenntnis des Wäschegewichts (3)
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Maschine ist generell ineffizient. (RB)

Tabelle 21: Hemmnisse und deren Beurteilung für die sekundäre Zielverhaltensweise 'Energieeffizient trocknen' – Option b: Wäsche energieeffizient mit Tumbler trocknen.

## Interpretation

Waschen und Trocken sind in gesamthaft vier einzelne Zielverhaltensweisen aufgeteilt, deren Effekte aufeinander aufbauend sind. Die Zielverhaltensweisen können ihre Wirkung auch unabhängig voneinander entfalten und werden deshalb nachfolgend separat behandelt. Grundsätzlich gilt jedoch auf jeden Fall, dass die entsprechenden Maschinen dem modernsten Standard bzgl. Energieeffizienz entsprechen müssen. Hinsichtlich der Hemmnisse Gewohnheit und Disziplin sind sie idealerweise mit Sensoren für die Gewichts- und Temperaturmessung ausgestattet und verfügen über entsprechende Feedback- und Hinweismöglichkeiten, welche beispielsweise Waschttemperaturen vorschlagen oder bei hohen Temperatureinstellungen oder zu geringer Wäschemenge eine Rückbestätigung verlangen.

*Wäschemenge reduzieren:* Die Reduktion der Wäschemenge wird im Wesentlichen dadurch erreicht, dass Wäschestücke zwischen den Waschgängen länger benutzt werden. Das führt zu den beiden am stärksten relevanten Hemmnissen der Befürchtungen über mangelnde Hygiene und einer eingeschränkten Abwechslung im Kleiderstil. Beide Befürchtungen sind auch sozial bedingt, weil die soziale Norm in der Regel Abwechslung im Kleiderstil unter anderem aus hygienischen Gründen verlangt.

Diese Hemmnisse lassen sich mit Einzelmassnahmen kaum vermindern. Es kann zwar darauf hingewiesen werden, dass eine Abwechslung des Kleiderstils auch vorgenommen werden kann, in dem Kleider pro Woche einmal getragen, aber erst nach zwei oder drei Wochen gewaschen werden. Die Autorenschaft bezweifelt jedoch die Wirksamkeit solcher Hinweise. Hauptsächlicher Grund dafür ist, dass die soziale Norm sehr stark und verbreitet ist.

*Energieeffizient waschen:* Kurzprogramme sind nicht energieeffizient. Energiesparende, tiefere Waschttemperaturen führen zu längeren Waschzeiten. Die Waschzeiten können bei einer modernen Maschine (mit eingebautem Gewichtssensor und entsprechender Regelung) bei 30 Grad Waschttemperaturen bis zu 3 Stunden betragen. Das sind Zeitspannen, die praktisch nur akzeptabel sind, wenn eine separate Waschmaschine pro Wohnung zur Verfügung steht und die Wäsche bei längerem Aufenthalt zu Hause (d.h. faktisch am Wochenende) gemacht werden kann. Die zwei wichtigsten verhaltensspezifischen Hemmnisse sind im Bereich des Wollens einzustufen; Befürchtungen über mangelnde Hygiene (bei tiefer Waschttemperaturen) und zu lange Waschzeiten. Bezüglich der mangelnden Hygiene gelten die gleichen Aussagen wie im vorangehenden Abschnitt (Wäschemenge reduzieren). Aufgrund dieser Schwierigkeit werden sich Instrumente zur Förderung des Zielverhaltens auf die übergeordneten Hemmnisse der Verantwortungsübernahme und der mangelnden Disziplin konzentrieren müssen (vgl. Anmerkungen zu den Verwendungszweck-übergeordneten Hemmnissen).

*Wäsche an der Luft trocknen:* Die klar grössten Hemmnisse für das Lufttrocknen der Wäsche sind im technischen Bereich bzw. bei ungünstigen Rahmenbedingungen zu finden: fehlende, feuchte, zu kleine oder zu kalte Trockenräume. Diese Hemmnisse sind bei der Bauplanung zu berücksichtigen und die Trockenräume entsprechend zu gestalten. Erst wenn die Trockenräume vorhanden und geeignet sind, kommen Hemmnisse des Wollen-, Können- oder Tun-Bereichs zum Tragen.

*Energieeffiziente Tumbelnutzung:* Die relevantesten Hemmnisse (abgesehen von den Verwendungszweck-übergeordneten Hemmnissen) sind im technischen Bereich und beim Können anzusiedeln. Es ist – wie bei der Waschmaschine auch – von entscheidender Bedeutung, dass die Benutzenden über die optimale Betriebsweise der Maschine informiert sind, z.B. über das optimale Füllgewicht Bescheid wissen und das Füllgewicht auch messen können. Am einfachsten ist dies mittels einem Gewichtssensor und einer Anzeige zu erreichen, auf der erkenntlich ist, wann das optimale Füllgewicht erreicht wird. Über das gleiche Display könnten beispielsweise auch Rückbestätigungen angefordert oder Empfehlungen gegeben werden. Diese hätten den Zweck, die Benutzenden an die Absicht zu erinnern, das Gerät energieeffizient zu nutzen und würden so die Umsetzung dieser Absicht unterstützen.

#### 6.4.2 Beleuchtung und Geräte ausschalten, wenn unbenutzt

In der Thematik der Beleuchtung und Kleingeräte ist nur eine generelle Zielverhaltensweise von Bedeutung: Licht und Geräte ausschalten, wenn diese nicht genutzt werden.

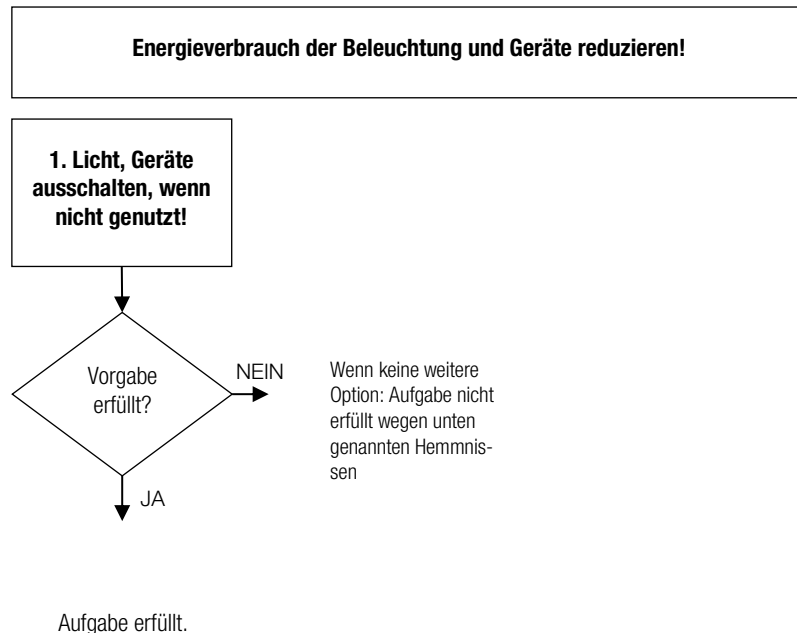


Abbildung 8: Entscheidungsdiagramm für die Zielverhaltensweise 'Energieverbrauch der Geräte reduzieren'.

#### Ergebnis der Hemmnisanalyse

Das Ergebnis der Hemmnisanalyse zur Zielverhaltensweise 'abschalten nicht benutzter Geräte' ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Aufgabe	1. Beleuchtung und Geräte generell ganz ausschalten, wenn keine Nutzung erfolgt!	
Infrastruktur	Konkrete Beleuchtung und Geräte	
Interaktionsform	Manuelle Steuerung	
Konkrete Zielverhaltensweise	Nicht genutzte Beleuchtung und Geräte werden ausgeschaltet, ausgesteckt.	
Erfolgskriterium	Stromverbrauch wird reduziert.	
Handlungshemmnisse Spezifisch	Technisch	Umständliche Zugänglichkeit der Ein-Aus-Schalter bzw. Stecker. (3)
	Wollen	Befürchtungen über ... zu grossen Aufwand (verteilte Geräte) (3) zu grossen Aufwand (Programmierung fällt raus) (3) zu grossen Aufwand (wieder anschalten der Geräte) (3) Soziale Norm: Unverständnis über Aufwand, der geleistet wird (2)
	Können	Keine
	Tun	Keine
Wirkungshemmnisse	Technisch	Keine

Tabelle 22: Hemmnisse und deren Beurteilung für die primäre Zielverhaltensweise 'Geräte ausschalten, wenn unbenutzt'

### Interpretation

Vier von sechs der für das Ausschalten nicht benutzter Beleuchtung und Geräte spezifischen Hemmnisse sind sehr relevant. Im technischen Bereich ist dies eine erschwerte Zugänglichkeit zu den einzelnen Geräten. Dieses Hemmnis kann mit einem zentralen Schalter für alle strombetriebenen Geräte<sup>3</sup> eliminiert werden. Dies würde gleichzeitig zwei weitere sehr relevante Hemmnisse im Wollen-Bereich, den Aufwand für das Aus- und wieder Einschalten der Geräte, minimieren.

Das letzte sehr relevante Hemmnis ist der Umstand, dass bei einigen, älteren Geräten die Programmierung zurückgesetzt werden kann, wenn sie vollständig vom Strom getrennt werden. Die Benutzenden müssten sich gegebenenfalls neue Geräte anschaffen. Als Empfehlung kommt dies aus Sicht der Autorenschaft nicht in Frage. Eine weitere Möglichkeit wäre eine zentrale Ein- und Ausschaltmöglichkeit, bei welcher die daran angeschlossenen Steckdosen einzeln ausgewählt werden können.

Um die Verwendungszweck-übergeordneten Hemmnisse Gewohnheit und mangelnde Disziplin zu vermindern können auch hier Warnungen oder Erinnerungen verwendet werden. Beispielsweise könnte eine grüne/rote Lampe beim Schalter an die aktuelle Einstellung des Schalters erinnern; oder eine "App" könnte bei Abwesenheit darauf aufmerksam machen, dass der zentrale Schalter noch nicht in der Aus-Stellung ist inkl. der Möglichkeit, den Schalter über die "App" zu bedienen.

## 6.5 Auswertung der spezifischen Hemmnisse

Tabelle 23 enthält die Zusammenstellung der spezifischen Hemmnisse nach Zielverhaltensweisen, nach den Bereichen des sozialpsychologischen Handlungsmodells sowie jeweils nach der Relevanz der Hemmnisse.

Gesamthaft wurden 104 spezifische Hemmnisse gefunden. Aus der Auswertung ist zu erkennen, dass die Hemmnisse breit verteilt sind. Sie finden sich bei allen Zielverhaltensweisen und auch bei allen Bereichen des sozialpsychologischen Handlungsmodells.

Auffällig ist, dass die deutliche Mehrheit der spezifischen Hemmnisse (63 von 104) dem Bereich des Wollens zugeordnet sind. Bei diesen Hemmnissen handelt es sich sehr häufig um Befürchtungen der Handlungskonsequenzen z.B. Unbehaglichkeit bei reduzierter Raumtemperatur, Komfortbeeinträchtigung bei reduzierter Warmwasserverwendung oder Befürchtungen über einen zu hohen zeitlichen oder mentalen Aufwand bei der Befolgung der vorgeschlagenen, energiesparenden Verhaltensweisen.

Im Bereich Können und Tun hat es nur wenige spezifische Hemmnisse. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Hemmnisse in diesen beiden Bereichen vor allem Verwendungszweck-übergeordnet sind – beispielsweise fehlendes Handlungswissen, Gewohnheit, Disziplin – und bei den spezifischen Hemmnissen in Tabelle 23 nicht aufgeführt sind.

18 Hemmnisse wurden als hemmende Rahmenbedingungen identifiziert. Diese Hemmnisse können mehrheitlich durch bauliche Massnahmen beseitigt werden und sollten bei einem Neubau oder nach einer zeitgemässen Erneuerung des Gebäudes keine Bedeutung mehr haben. Eine Ausnahme ist die mangelnde Besonnung des Gebäudes durch Verschattung von Nachbargebäuden oder dem Horizont (Berge), eine Ursache, die nicht behoben werden kann.

<sup>3</sup> Geräte, welche dauernd Strom brauchen (z.B. Kühlschrank), dürfen nicht an diesen Schalter angeschlossen sein.

Verwendungszweck	Aufgabe	Bereich der Hemmnisse	Beurteilung der Relevanz				Total .
			wenig relevant	mittel relevant	stark relevant	RB**	
			Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	
Wärme für Raumheizung	Reduzierte Raumtemperatur	Technisch	2	0	0	6	8
		Wollen	5	11	5	0	21
		Können	3	1	0	0	4
		Tun	0	1	0	0	1
	Total		10	13	5	6	34
	Steigerung Solargewinne / Reduktion Lüftungsverluste	Technisch	1	1	2	3	7
		Wollen	1	7	6	0	14
		Können	0	0	1	0	1
		Tun	0	1	0	0	1
	Total		2	9	9	3	23
Wärme für Warmwasser	Reduktion Warmwasserbezug	Technisch	0	0	0	2	2
		Wollen	1	3	7	0	11
		Können	0	0	0	0	0
		Tun	0	0	0	0	0
	Total		1	3	7	2	13
Haushaltstrom	Reduktion Energieverbrauch für Waschen und Trocknen	Technisch	0	3	3	7	13
		Wollen	4	3	6	0	13
		Können	0	0	2	0	2
		Tun	0	0	0	0	0
	Total		4	6	11	7	28
	Licht und Geräte ausschalten, falls unbenutzt	Technisch	0	0	1	0	1
		Wollen	0	1	3	0	4
		Können	0	0	0	0	0
		Tun	0	1	0	0	1
	Total		0	2	4	0	6
<b>Total</b>			<b>17</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>18</b>	<b>104</b>
Zusammenzug nach Bereich der Hemmnisse		Technisch	3	4	6	18	31
		Wollen	11	25	27	0	63
		Können	3	1	3	0	7
		Tun	0	3	0	0	3

\*\* RB = Von Rahmenbedingungen abhängig.

Tabelle 23: Zusammenfassung der spezifischen Hemmnisse nach Verwendungszweck und Bereichen der Hemmnisse sowie nach deren Relevanz.

## 6.6 Übergeordnete Hemmnisse

Übergeordnete Hemmnisse sind solche, welche bei allen konkreten Zielverhaltensweisen gemäss Kapitel 6.2 bis 6.4 relevant sein können. Sie können im sozialpsychologischen Handlungsmodell den Bereichen Wollen, Können oder Tun zugeordnet werden. Die Analyse der übergeordneten Hemmnisse ist nach diesen drei Bereichen strukturiert. Am Ende dieses Kapitels sind die übergeordneten Hemmnisse in einem Fazit kompakt zusammengestellt.

### 6.6.1 Wollen

Das gemeinsame an allen einzelnen konkreten Zielverhaltensweisen ist der Zweck des Energiesparens. Wenn dieser Zweck von der einzelnen Person nicht als sinnvoll und/oder die einzelnen Verhaltensweisen nicht als zweckmässig beurteilt werden, können dies Hemmnisse für die Ausführung von jeder der einzelnen konkreten Zielverhaltensweisen sein. Wenn diese Hemmnisse nicht bestehen, heisst das jedoch nicht zwingend, dass die Verhaltensweisen ausgeführt werden, weil dem noch andere Hemmnisse entgegenstehen können.

Die beiden genannten Hemmnisse können in das sozialpsychologische Handlungsmodell Wollen-Können-Tun-Modell eingereiht werden:

#### ***Zweck ist nicht sinnvoll:***

Der Zweck der konkreten Zielverhaltensweisen ist aus gesellschaftlicher Sicht die Einsparung von Energie. Das Einsparen von Energie ist notwendig, weil die Ressourcen zur Bereitstellung dieser Energie endlich sind und eine Übernutzung zukünftigen Generationen Probleme bereitet. Wenn diese Problematik nicht anerkannt und/oder als nicht relevant beurteilt wird, dann wird der Zweck der einzelnen Verhaltensweisen aus dieser Perspektive – die Einsparung von Energie – als nicht sinnvoll beurteilt.

- Ein übergeordnetes Hemmnis liegt somit bei einer unzureichenden Problemwahrnehmung.

#### ***Konkrete Zielverhaltensweise ist nicht zweckmässig:***

Als nicht zweckmässig wird in diesem Zusammenhang eine Verhaltensweise beurteilt, wenn sie nach Meinung der Zielperson keine Energie spart, resp. nicht genügend Energie spart, um mitzuhelfen, den Zweck des Energiesparens auf aggregierter Ebene zu erreichen. Dies wird so beurteilt, wenn die Menge an eingesparter Energie durch eine individuelle Verhaltensänderung der Zielperson als so klein beurteilt wird, dass sie auf aggregierter Ebene vernachlässigt werden kann.

- Das Hemmnis liegt bei einer unzureichenden Selbstwirksamkeitserwartung.

Unzureichende Selbstwirksamkeitserwartung kann dadurch entstehen, dass nicht genügend Wirksamkeitswissen vorhanden ist. Wirksamkeitswissen bezeichnet das Wissen darüber, was eine Verhaltensänderung energetisch bewirkt und die Hochrechnung auf eine aggregierte Ebene. Ein weiteres mögliches Hemmnis liegt somit im *fehlenden resp. in falschem Wirksamkeitswissen*. Die Bedeutung des Wirksamkeitswissens als Hemmnis ist verhaltensspezifisch. Die Tatsache, dass es ein Hemmnis sein kann, jedoch nicht. Deshalb wird dieses Hemmnis als übergeordnetes Hemmnis behandelt. Das Wirksamkeitswissen kann durch das Aufzeigen von Energie-Einsparungen (nicht absoluten Verbrauch) gefördert werden. Insofern ist darin auch eine fehlende Rückmeldung von Verhaltensergebnissen enthalten.

Sind die genannten drei Hemmnisse (unzureichende Problemwahrnehmung, unzureichende Selbstwirksamkeitserwartung, fehlende oder falsches Wirksamkeitswissen) *nicht* vorhanden, so entsteht im Prinzip ein Verpflichtungsgefühl, die jeweilige Verhaltensweise auszuführen. Dieses Verpflichtungsgefühl wird im Modell als persönliche Norm bezeichnet.

Es kann im Weiteren davon ausgegangen werden, dass bei allen konkreten Zielverhaltensweisen bei den Zielpersonen Befürchtungen über negative individuelle Konsequenzen (z.B. kalte Temperatur, ungenügende Hygiene etc.) ausgelöst werden. Dadurch stehen sich im Fall eines vorhandenen persönlichen



Verpflichtungsgefühls zwei gegenläufige Handlungstendenzen gegenüber. Um die individuellen negativen Handlungskonsequenzen nicht erleiden zu müssen, wird die Person versuchen, die Verantwortung für das gesellschaftliche Problem auf andere Akteure abzuschieben und so das Verpflichtungsgefühl zu neutralisieren. 'Andere Akteure' können andere Personen, Institutionen, Unternehmen, die Verwaltung oder abstrakte Akteure wie 'die Politik', 'der Staat' oder 'die Wirtschaft' sein.

Fehlende Verantwortungsübernahme kann auch dadurch entstehen, dass die Zielpersonen den Eindruck haben, dass sie schon genügend Energie sparen. Dieser Eindruck kann z.B. durch zu hohe Pauschalabrechnungen entstehen, weil diese zu Rückzahlungen führen; aber auch durch energiebewusstes Verhalten in anderen Verhaltenskontexten wie z.B. Mobilität. Wenn diese Verantwortungsabschiebung gelingt, dann wird das fehlende Verpflichtungsgefühl nicht handlungsleitend sein.

- Ein weiteres übergeordnetes Hemmnis kann somit in der fehlenden Verantwortungsübernahme für einen Beitrag zur Lösung des gesellschaftlichen Problems sein.

Ein anderes Verwendungszweck-übergeordnetes Hemmnis innerhalb des Bereichs 'Wollen' mit Bezug zum Energie sparen kann in der sozialen Norm liegen. 'Soziale Norm' bezeichnet die Erwartung der Zielperson, welche Verhaltenserwartungen andere relevanten Personen und Gruppen an sie haben. Die Verhaltenserwartungen können mündlich oder nicht mündlich sowie vor dem Verhalten oder im Sinne von Reaktionen nach dem Verhalten kommuniziert werden. Die Gründe, weshalb andere Personen resp. Gruppen eine bestimmte Erwartung kommunizieren sind für den Verhaltensentscheid der Zielperson nicht relevant. Für die Kategorisierung in die Verwendungszweck-übergeordneten möglichen Hemmnisse sind die Gründe aber relevant.

Verwendungszweck-übergeordnet können soziale Normen nur wirken, wenn die Gründe dafür Verwendungszweck-übergeordnet sind. Wenn die Zielperson denkt, dass andere in der Situation relevante Personen oder Gruppierungen generell energiesparendes Verhalten erwarten und ein Verhalten, welches dieser Erwartung nicht entspricht sozial sanktionieren würden (z.B. mittels Tadel), nimmt die Zielperson eine soziale Norm für energiesparendes Verhalten wahr, welche sich auf alle Verhaltensweisen auswirkt.

Da es sich bei den in diesem Projekt zur Diskussion stehenden Zielverhaltensweisen immer um solche im eigenen Haushalt handelt, sind die relevanten Referenzpersonen und -gruppen auch bei allen Zielverhaltensweisen die gleichen: Mitbewohnende, Familie und Gäste.

- Ein weiteres übergeordnetes Hemmnis für die Ausführung der einzelnen Verhaltensweisen kann somit eine durch die Zielperson wahrgenommene soziale Norm sein, sich nicht energiesparend zu verhalten.

Schliesslich ist bei allen konkreten Zielverhaltensweisen möglich, dass der finanzielle Anreiz, welcher durch eine Energieeinsparung zustande kommt, zu gering ist. Fehlende finanzielle Anreize können – ähnlich wie beim Wirksamkeitswissen – auch durch fehlende Rückmeldung von Energieeinsparungsergebnissen ausgelöst, resp. zementiert werden.

Wie aus den Ausführungen hervorgeht, sind alle übergeordneten Hemmnisse im Bereich Wollen auf den aus dem Verhalten resultierenden Energieverbrauch bezogen. Wenn der Energieverbrauch als solches z.B. aufgrund mangelnder Problemwahrnehmung bei den Überlegungen nicht in Betracht gezogen wird, so sind auch die genannten Hemmnisse nicht relevant.

### 6.6.2 Können

Bei allen konkreten Zielverhaltensweisen ist es grundsätzlich möglich, dass die entsprechende *Verhaltensoption nicht bekannt* ist. Dies kann unter den Begriff '*fehlendes Handlungswissen*' eingereicht werden.

### 6.6.3 Tun

Im Bereich des Tuns ist es bei jeder konkreten Zielverhaltensweise möglich, dass die Absicht zu energiesparenden Verhaltensweisen wie auch die entsprechenden Möglichkeiten zwar vorhanden sind, diese

Absicht aber im Moment der Verhaltensmöglichkeit schlicht *vergessen* wurde (z.B. weil jemand unter zeitlichem Druck ist und deshalb auf Gewohnheitshandlungen zurückgegriffen wird, oder weil die Absicht noch nicht so verankert ist).

Zusätzlich ist die *fehlende Disziplin* zu nennen. Der Unterschied zum Vergessen besteht darin, dass im Moment der Verhaltensmöglichkeit die Absicht bewusst ist, sie aber nicht umgesetzt wird, weil gewisse Befürchtungen kurzfristig stärker gewichtet werden (z.B. zeitlicher Aufwand). Das typische Argument dafür ist die Aussage 'es stinkt mir jetzt'.

#### 6.6.4 Auswertung übergeordnete Hemmnisse

Folgende Hemmnisse können somit übergeordnet wirksam sein:

##### Bereich Wollen

- Fehlende Verantwortungsübernahme (3) <sup>4</sup>
- Unzureichende Selbstwirksamkeitserwartung (2)
- Fehlendes Wirksamkeitswissen (2)
- Unzureichende Problemwahrnehmung (1)
- Soziale Norm, sich nicht energiesparend zu verhalten (1)
- Ungenügender oder fehlender finanzieller Anreiz durch Energieeinsparungen (1)

##### Bereich Können

- Fehlendes Handlungswissen: Verhaltensoption nicht bekannt (2)

##### Bereich Tun

- Gewohnheit: Absicht vergessen (3)
- Disziplin: Kurzfristige Änderung der Bedeutung der Befürchtungen über individuelle Handlungs-  
konsequenzen (3)

Diejenigen Hemmnisse, welche bei allen Verwendungszwecken und allen Zielverhaltensweisen am relevantesten sind und energiesparendes Verhalten am stärksten behindern, ist die fehlende Verantwortungsübernahme resp. Verantwortungsabschiebung auf andere Akteure sowie Gewohnheiten, welche dazu führen, dass Absichten vergessen gehen und nicht umgesetzt werden und fehlende Disziplin, welche die gleichen Auswirkungen wie Gewohnheit hat.

#### 6.6.5 Interpretation der übergeordneten Hemmnisse

Die Inhaltliche Interpretation beschreibt die grössten Hemmnisse und formuliert Ideen für Instrumente, mit welchen diese vermindert werden können. Insbesondere die Ideen für technische Massnahmen zur Verminderung der Hemmnisse sind schon im Planungsstadium zu prüfen, zu konkretisieren und einzuplanen.

Verwendungszweck-übergeordnet finden sich im Bereich der Umsetzung von Absichten (Tun) mit Gewohnheiten und fehlender Disziplin zwei Hemmnisse mit hoher Relevanz. Diese beiden Hemmnisse sind im Bereich der Umsetzung von Absichten (Tun) anzusiedeln und müssen bei der Konzipierung von Instrumenten bei allen Zielverhaltensweisen berücksichtigt werden.

Grundsätzlich ist die Erhöhung der Disziplin mit verschiedenen Instrumenten möglich: Verhaltensfeedbacks z.B. in Form von Displays, automatisierten akustischen oder visuellen Warnungen (z.B. wenn Fenster lange gekippt sind) oder Zustandsanzeigen, oder einfache Hinweisschilder am Ort des gewünschten Verhaltens ('Licht aus', 'Rollläden hoch', 'Hahn zu' etc.) erinnern die Benutzenden an die gewünschte und beabsichtigte Verhaltensweisen. Gleichzeitig können Verhaltensfeedbacks in Form des Energiever-

<sup>4</sup> Zahlen in Klammern geben die Beurteilung der Wichtigkeit des jeweiligen Hemmnisses an.

1 = wenig relevant, 2 = mittel relevant, 3 = sehr relevant.

brauchs in einer bestimmten Zeitperiode – allenfalls auch in Kombination mit einer anderen Zeitperiode – dem Hemmnis der Wahrnehmung einer schlechten Selbstwirksamkeit entgegenwirken und das Wirksamkeitswissen schärfen. Beide Hemmnisse sind jedoch nicht als sehr relevant beurteilt worden.

Aufforderungen zu Vorsatzfassungen, in dem an die Benutzenden appelliert wird, genau Angaben zu Ort, Zeitpunkt und evtl. auch zum Kontext, zu dem das Zielverhalten ausgeführt werden soll, steigern die Chancen für die Durchbrechung von Gewohnheiten und erhöhen die Disziplin. Eine spezielle Chance bietet sich bei Neubauten, bei denen die Benutzenden neu in die Wohnungen einziehen. Gewohnheitsverhalten in der Wohnung ist noch nicht ausgeprägt und neue Gewohnheiten müssen/können gebildet werden. Insofern dürfte es von Bedeutung sein, Instrumente zur Überwindung von Gewohnheiten ganz zu Beginn der Nutzungsphase zu implementieren.

Hemmnisse im Bereich des Tuns werden allerdings erst relevant, wenn eine Verhaltensabsicht besteht. Instrumente, welche Gewohnheiten überwinden und/oder die Disziplin erhöhen (Bereich Tun), können ihre Wirkung demzufolge auch erst bei Vorhandensein einer Verhaltensabsicht entfalten. Die Verhaltensabsicht wird dadurch gefördert, dass Hemmnisse aus dem Bereich Wollen und Können eliminiert oder abgeschwächt werden. Deshalb ist beim Einsatz von Instrumenten zur Überwindung von Gewohnheiten und/oder fehlender Disziplin darauf zu achten, dass auch Instrumente zur Steigerung des Wollens und Könnens eingesetzt werden, sofern in diesen beiden Bereichen Hemmnisse bestehen.

Technische Hemmnisse können bei vorhandener Absicht eine Verhaltensumsetzung blockieren (z.B. defekte Thermostaten) oder die Wirkung einer Verhaltensänderung zunichtemachen, beispielsweise wenn die Immobilien-Verwaltung nach erfolgter Reklamation von Benutzenden keine Optimierung bei den Systemkomponenten einer Heizung vornehmen kann, weil solche Optimierungsmöglichkeiten nicht bestehen. Obwohl in der Hemmnisanalyse davon ausgegangen wird, dass die Technik in den Immobilien der Hauptstudie funktioniert, soll darauf hingewiesen werden, dass unbedingt darauf zu achten ist, dass Erfolge bei der Überwindung von Hemmnissen zur Bildung einer Absicht nicht durch technische Hemmnisse wieder zunichte gemacht werden.

Im Bereich des Wollens ist eine Übernahme der Verantwortung für die Einsparung von Energie als hoch relevant beurteilt worden. Eine starke Verantwortungsübernahme führt zu einem moralischen Verpflichtungsgefühl, Energie zu sparen, wenn gleichzeitig die Einsicht vorhanden ist, dass überhaupt Energie gespart werden muss (Problemwahrnehmung), und wenn die Benutzenden das Gefühl haben, dass eine Verhaltensänderung ihrerseits einen wichtigen Beitrag zur gesamten Energieeinsparung beiträgt (Selbstwirksamkeitserwartung). In der Beurteilung der Verwendungszweck-übergeordneten Hemmnisse wurde festgestellt, dass fehlende Problemwahrnehmung und eine ungenügende Selbstwirksamkeitswahrnehmung keine hohe Relevanz haben. Diese Konstellation müsste sich in Äusserungen von Benutzenden niederschlagen. Das Argument, dass andere Akteure als sie selber (z.B. Verwaltung, Unternehmen, Grossverteiler, 'die Wirtschaft' oder 'der Staat') zuerst aktiv werden sollen, sind für diese Konstellation typisch. Um ein moralisches Verpflichtungsgefühl zu erreichen und damit eine Verhaltensabsicht zu stärken, ist es deshalb von besonderer Bedeutung, dass den Benutzenden aufgezeigt wird, dass andere Akteure schon viel für das Energiesparen unternehmen und dass alle Akteure inkl. die Benutzenden selber im gleichen Boot sitzen.

Verhaltensabsichten werden neben dem moralischen Verpflichtungsgefühl ganz wesentlich durch die anderen Motive (egoistisch-materielles Motiv und soziales Motiv) beeinflusst. Nur Hemmnisse bezüglich eines Motivs (z.B. moralisches Motiv) abzubauen, reicht deshalb nicht, um eine Absicht substanziell zu stärken. Hemmnisse im Bereich des Wollens sind zahlreich und sie finden sich bei allen Motiven. Es sollte bei der Instrumentenauswahl deshalb bei jeder Zielverhaltensweise geprüft werden, bei welchen Motiven (egoistisch-materielles, soziales und moralisches Motiv) hochrelevante Hemmnisse vorhanden sind. In der Folge sollten möglichst Instrumente ausgewählt werden, welche alle diese erkannten Hemmnisse beseitigen können.

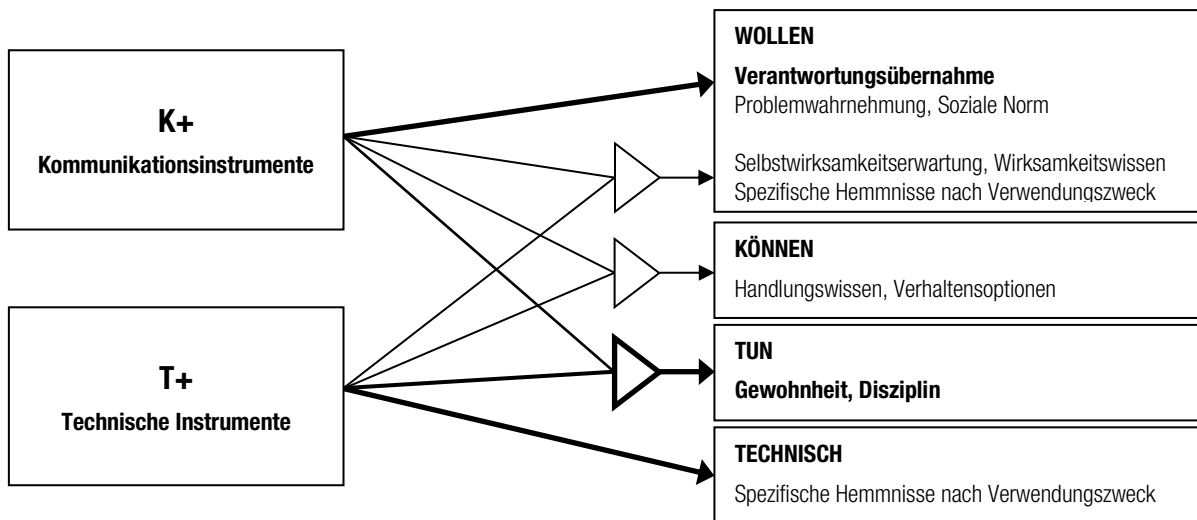
Im Bereich Können sind die wenigsten übergeordneten Hemmnisse zu finden. Der Grund findet sich darin, dass a) die Durchführung der Zielverhaltensweisen im Wohnbereich zumeist durch technische Hemmnisse erschwert oder verunmöglicht werden, und dass b) in der Regel keine speziellen Fähigkeiten

für die Verhaltensumsetzung erforderlich sind. Verwendungszweck-übergeordnet sind keine hoch relevanten Hemmnisse im Bereich Können festzustellen. Eine allfällige Unkenntnis der jeweiligen Verhaltensoption – das einzige Verwendungszweck-übergeordnete Hemmnis im Bereich Können – wird zwar nur als mittelrelevantes Hemmnis beurteilt, weil vermutet wird, dass dies nicht sehr häufig der Fall ist. Wenn die jeweilige Verhaltensoption jedoch nicht bekannt ist, wirkt das Hemmnis absolut, d.h. es verhindert die Umsetzung komplett. Bei jeder Zielverhaltensweise ist deshalb separat zu prüfen, ob die Bekanntheit der Verhaltensoption vorausgesetzt werden kann.

## 7 Auswahl der Instrumente

Das Ziel für die Instrumentenauswahl eines konkreten BAM-Systems besteht darin, mit möglichst wenigen Instrumenten, die relevantesten Hemmnisse möglichst wirksam abzuschwächen resp. ganz zu eliminieren. Eine detaillierte Zuordnung von geeigneten Instrumenten zu den einzelnen Hemmnissen ist als Tabelle im Anhang 1 zum Schlussbericht der Vorstudie zusammengestellt.

Instrumente für die Minderung spezifischer Hemmnisse sind stets auf den konkreten Fall bezogen zu wählen. Die Ausgestaltung der Instrumente sollte daher stets aufgrund einer Analyse der konkreten Problemstellung erfolgen. Das folgende Schema zeigt, stark vereinfacht, die wesentlichen Beziehungen zwischen Instrumenten und Hemmnissen, die bei der Instrumentenauswahl zu beachten sind.



Schema der Zuordnung von Instrumenten zu den Hemmnissen (A+W, UZH)

Die fehlende Verantwortungsübernahme, ein stark relevantes übergeordnetes Hemmnis, kann nur mit Instrumenten der Kommunikation bearbeitet werden. Als Instrumente sind Verpflichtungen im Rahmen von Zielvereinbarungen und das Aufzeigen von Vorbildern zu wählen.

Den ebenfalls stark relevanten übergeordneten Hemmnissen der Gewohnheit und der fehlenden Disziplin kann dagegen mit einer Kombination aus sich in der Wirkung verstärkenden Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten begegnet werden. Aus dem Bereich Kommunikation kommen hier Merkblätter und Erinnerungen an Zielvorgaben zum Einsatz, die mit Rückmeldungen aus dem technischen System (Feedback) über die unmittelbare Wirkung des Benutzungsverhaltens und zum energierelevanten Betriebszustand der benutzten Geräte und Anlagen verstärkt werden.

Einer grossen Zahl der spezifischen Hemmnisse kann ebenfalls mit einer sich in der Wirkung verstärkenden Kombination von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten begegnet werden. Mit technischen Instrumenten kann z.B. die alltägliche Bedienung der Raumtemperaturregelung erleichtert werden während zusätzlich mit Kommunikationsinstrumenten die in Bezug auf die Energieeffizienz optimalen Einstellungen mitgeteilt und individuelle Beratung und Optimierung angeboten und durchgeführt werden kann.

Nicht zuletzt können ausschliesslich technische Instrumente zur gezielten Eliminierung von konkreten technischen Hemmnissen eingesetzt werden.

## 8 Beantwortung der Fragestellung Vorstudie

Die für die Vorstudie gestellten Forschungsfragen werden im Folgenden, basierend auf den Ergebnissen unserer Arbeit, beantwortet:

### *Welche Wirkungen können bei der konkreten Anwendung der beschriebenen BAM-Systeme erwartet werden?*

Bei der Anwendung eines objektspezifisch zusammengestellten BAM-Systems können, aufgrund bestehender Literatur und eigenen Überlegungen wie in Kapitel 4.2 beschrieben, bis zu 15% Energieeinsparungen bei den Verwendungszwecken Wärme für Raumheizung und Wärme für Warmwasser sowie bei Wäsche-Waschen und Trocknen erwartet werden. Für das Teilsystem Beleuchtung und Geräte ist die Erwartung mit bis zu 25% etwas höher.

Diese Prognose gilt für die maximale Intensität der BAM-Massnahmen und für den Mittelwert von mehreren Wohnungen eines Gebäudes im Vergleich zu einer Benutzung ohne BAM-System. Für eine einzelne Wohnung, beziehungsweise pro Person können durchaus noch grössere aber auch geringere Erfolge erwartet werden.

### *Welche Wirkungen können für ausschliesslich technische Instrumente bzw. ausschliesslich Kommunikationsinstrumente bzw. für kombinierte Massnahmenpakete erwartet werden?*

Aufgrund der Ergebnisse der Vorstudie kann diese Frage noch nicht abschliessend beantwortet werden. Sie ist explizit Gegenstand der vorgeschlagenen Feldforschung in der Hauptstudie. Die Verfasser gehen davon aus, dass technische Instrumente ohne die Begleitung und Unterstützung durch Kommunikationsinstrumente nur einen geringen Wirkungsanteil erzielen. Demzufolge ist der grössere Wirkungsanteil den Kommunikationsinstrumenten allein beziehungsweise in Kombination mit technischen Instrumenten zuzuordnen.

### *Wie nachhaltig sind die erwarteten Effekte?*

Für die erwartete Wirkung der BAM-Massnahmen wird der Begriff *Massnahmen-Elastizität* eingeführt. Dies drückt aus, dass einerseits die Wirkung von der Intensität der BAM-Massnahmen abhängig ist und die erzielten Einsparungen bei einem Nachlassen der Massnahmen-Intensität wieder verschwinden. Ein starkes Indiz für die flüchtige Wirkung von Massnahmen sind die Resultate der Hemmnisanalyse, welche Gewohnheit und fehlende Disziplin als sehr relevante Hemmnisse für energieeffiziente Verhaltensweisen identifiziert hat. In welcher Intensität die Instrumente, insbesondere auf der kommunikativen Ebene, zur Aufrechterhaltung der Wirkung stetig weiter angewendet werden müssen, soll als Forschungsfrage in der Hauptstudie weiter untersucht werden.

### *Welche Empfehlungen lassen sich aus den Ergebnissen hinsichtlich der Optimierung sowohl der Technik als auch der Kommunikation ableiten?*

In Bezug auf die Technik wird die Umsetzung der in der Vorstudie identifizierten Instrumente zur Gewährleistung von optimierten technischen Rahmenbedingungen auf jeden Fall empfohlen. Weitere technische Instrumente werden stets in Kombination mit Kommunikationsinstrumenten eingesetzt und unterstützen diese. Als Grundlage für die vorgesehene Feldstudie ist eine zielführende Auswahl von Instrumenten in Kapitel 9.2 des vorliegenden Berichts erläutert. Die Frage nach der Optimierung der Instrumente kann abschliessend jedoch nur am konkreten Beispiel und nach weiterer Forschung beantwortet werden.



## 9 Design für einen Feldversuch

Zum Abschluss der Vorstudie und als Grundlage für die vorgesehene Hauptstudie ist in diesem Kapitel der Forschungsansatz für einen Feldversuch erläutert und die aufgrund der Ergebnisse der Vorstudie zusammengestellten Instrumentenpakete für die Hauptstudie werden informativ zusammengestellt.

### 9.1 Forschungsansatz

Beim Forschungsansatz für die Hauptstudie handelt es sich vom Prinzip her um einen quasi-experimentellen Feldversuch<sup>5</sup> mit vier Versuchsgruppen. Die vier Versuchsgruppen werden durch die zwei Faktoren *technische Instrumente* und *Kommunikationsinstrumente* mit je zwei Ausprägungen gebildet:

#### Faktor technische Instrumente:

- Standard Technik (T0): Die infrastrukturelle und technische Ausstattung der Wohnungen entspricht einem üblichen Standard, welcher heutzutage von institutionellen Immobilienbesitzenden erstellten Wohnbauten im Segment der oberen Mittelklasse verbaut wird. Es werden keine speziellen technischen Instrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.
- Paket 'Technik Plus' (T+): Die infrastrukturelle und technische Ausstattung der Wohnungen erleichtert gegenüber der Ausstattung T0 energiesparendes Verhalten der Bewohnenden und ermöglicht z.B. durch Messung und Anzeige des Energieverbrauches zusätzliche Kommunikationsinstrumente wie Selbstverpflichtungen und quantitative Zielvereinbarungen.

#### Faktor Kommunikationsinstrumente:

- Standard Kommunikation (K0): Die Standard Kommunikation entspricht der üblichen Kommunikation zwischen Liegenschafts-Verwaltung und den Mieterinnen und Mietern. Es werden keine zusätzlichen Kommunikationsinstrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.
- Paket 'Kommunikation Plus' (K+): Es werden gezielt und wiederholt zusätzliche Kommunikationsinstrumente zur Förderung energiesparender Verhaltensweisen eingesetzt.

In der folgenden Tabelle 24 ist das Forschungsdesign grafisch dargestellt. Die Wohnungen in den zwei Gebäuden resp. die dazugehörigen Personen werden als Untersuchungseinheiten einer von vier Versuchsgruppen zugeordnet.

Forschungsdesign mit 4 Versuchsgruppen		Faktor technische Instrumente	
		T0: Standard Technik	T+: 'Technik Plus'
Faktor Kommunikationsinstrumente	K0: Standard Kommunikation	K0/T0 Kontrollgruppe	K0/T+ Experimentalgruppe
	K+: Paket 'Kommunikation Plus'	K+/T0 Experimentalgruppe	K+/T+ Experimentalgruppe

Tabelle 24: Darstellung des Forschungsdesigns (A+W, UZH)

Im Folgenden werden die Versuchsgruppen wie folgt bezeichnet:

1. Kontrollgruppe: Die Gruppe, die nur mit den als Standard definierten Instrumenten bedient wird (Zelle K0/T0).
2. Experimentalgruppen: Drei Versuchsgruppen, welche mit zusätzlichen Kommunikationsinstrumenten und/oder zusätzlichen technischen Instrumenten bedient werden (Zellen K0/T+, K+/T0, K+/T+).

<sup>5</sup> Quasi-experimentell ist das Design, weil die Zuordnung der Untersuchungseinheiten zu den Versuchsgruppen nicht randomisiert erfolgt. Eine Randomisierung ist in Feldexperimenten in der Regel nicht möglich.

## 9.2 Instrumentenauswahl für den Feldversuch

Die Akquisition geeigneter Immobilien für den Feldversuch stellte sich trotz dem Einbezug verschiedener städtischer Stellen als sehr schwierig heraus. Letztlich konnte mit CS REAM (Credit Suisse Real Estate Asset Management) eine Eigentümerin gefunden werden, die bereit ist, zwei sehr gut geeignete Gebäude für den Feldversuch zur Verfügung zu stellen. Ein Gebäude steht in der Stadt Zürich und eines in Wädenswil.

Das Ziel für die Instrumentenauswahl bestand darin, mit möglichst wenigen Instrumenten, die relevantesten Hemmnisse möglichst wirksam abzuschwächen resp. ganz zu eliminieren. Die technischen Instrumente sind so ausgelegt, dass sie für weitere Umsetzungen eine realistische Grundlage bilden (praxistauglich und bezahlbar) und den Bewohnenden die Bedienung erleichtert wird, aber jederzeit Eingriffe der Benutzenden in die Steuerung möglich sind.

### 9.2.1 Paket 'Technik Plus'

Das Instrumentenpaket 'Technik Plus' ist mit der CS REAM als Immobilienbesitzerin bereits abgesprochen. Die dafür notwendige technische Infrastruktur im Objekt in Wädenswil ist in einem Pflichtenheft der Forschungsgruppe für den Totalunternehmer festgehalten (Stand 7. Dez 2015).

Instrument	Beschreibung Paket 'Technik Plus'
Smartphone- /Computer-App	<p>Dieses Instrument wirkt bei allen Energieverwendungszwecken.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zentrale Bedienung / Kontrolle der Raumtemperatur in allen Zimmern</li> <li>- Zentrale Steuerung der Beleuchtung (individuell je Wohnung)</li> <li>- Zentrale Bedienung der Storen (Sonnenschutz)</li> <li>- Ev. zentrale Bedienung / Schaltung von Steckdosen</li> <li>- Steuerung der Lüftungsanlage (Laufzeiten, Luftvolumen)</li> <li>- Verhaltensfeedback: Anzeige / Vergleich Energieverbrauch Raumheizung / Warmwasser / Elektro</li> <li>- Übermittlung und Anzeige von Pushmeldungen in Abhängigkeit d. Betriebszustands von einzelnen Geräten, Raumtemperatur, CO<sub>2</sub>-Gehalts etc.</li> <li>- Nur für Experimentalgruppe 'Kommunikation Plus': Übermittlung und Anzeige von Pushmeldungen zu aktuellen (Energie)Themen und Handlungsanleitungen zu mehr Energieeffizienz oder ähnlichen Themen (Suffizienz, Mobilität, Ernährung etc.)</li> <li>- Kontaktaufnahmebutton mit Verwaltung / Bewirtschaftung</li> </ul>
Aus-Ein-Taster Elektro	Zentraler Aus-Ein-Taster im Wohnungseingang
Amphiro Wasser- messer	Erfassung, Visualisierung und Feedback Warmwasserverbrauch
Sanitärarmaturen	Nudging-Ansätze: Mechanischer Schwellenwert oder Warmwasser-Zumischung erst ab Mittelstellung
Waschmaschine/ Tumbler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feedback durch die Maschinen vor der Inbetriebsetzung über Füllgewicht, errechnetem Stromverbrauch (mit Infos über Reduktionsmöglichkeiten)</li> <li>- Energieoptimierte Default-Einstellungen pro Programm</li> </ul>

Tabelle 25: Paket 'Technik Plus': Zusammenstellung der einzelnen Instrumente

Das Paket 'Technik Plus' wird schon beim Einzug der Mieterinnen und Mieter in die neuen Wohnungen zur Verfügung stehen und über die Projektlaufzeit hinaus aktiviert bleiben.

Die konkrete Detailausgestaltung (z.B. Form von Zustands- oder Verbrauchsanzeigen, Display-Design, Festlegung der Bedingungen für Pushmeldungen etc.) soll in Zusammenarbeit mit CS REAM während der Phase der Vorbereitungsarbeiten der Hauptstudie weiter bearbeitet werden.

### 9.2.2 Paket 'Kommunikation Plus'

Das Paket der zusätzlichen Kommunikationsinstrumente wird in jeweils der Hälfte der Wohnungen in Wädenswil und in Zürich eingesetzt.

Instrument	Beschreibung Paket 'Kommunikation Plus'
Selbstverpflichtung	Die Bewohnenden unterschreiben eine Selbstverpflichtung, während einer vorbestimmten Zeitdauer ihren Warmwasserverbrauch, die Heizungsenergie und den Haushaltsstrom so niedrig wie möglich zu halten ohne Komforteinbussen in Kauf nehmen zu müssen. Dabei ist es nicht zwingend, dass ein bestimmtes Reduktionsziel vereinbart wird.  Dieses Instrument wirkt bei allen Energieverwendungszwecken.
Gegenseitige Zielvereinbarung	Bei einer gegenseitigen Zielvereinbarung verpflichten sich auch die Immobilienbesitzerin und/oder die Verwaltung zu bestimmten Zielen. Die Ziele der Bewohnerinnen und der Bewohner können zusammen mit der Selbstverpflichtung festgelegt werden. Die Ziele der Verwaltung/Besitzerin der Immobilien müssen noch festgelegt werden.  Dieses Instrument wirkt auf alle Zielverhaltensweisen.
Hinweise auf andere Siedlungen (Vorbildfunktion)	Hinweise auf andere Siedlungen (z.B. Hunziker-Areal, Kalkbreite) sollen aufzeigen, dass es schon viele Siedlungen mit optimierter Ausstattung und optimiertem Verhalten (teilweise über die Objekte hinausgehende, z.B. Bedingung autolos) gibt. Die Hinweise können im Rahmen der Selbstverpflichtung abgegeben werden.  Dieses Instrument wirkt bei allen Energieverwendungszwecken.
Merkblatt vor dem Einzug	Ein oder mehrere Merkblätter vor dem Einzug dienen dazu, die Wohnungseinrichtung so zu planen, dass die optimierte Energienutzung nicht durch Einrichtungsarten behindert oder gar verunmöglicht wird oder dass unerwünschte Effekte vermieden werden.  Zusätzlich dienen sie dazu, Gewohnheiten aus der früheren Wohnung zu hinterfragen und auf eine andere Spur zu bringen.
Merkblatt beim Einzug	Ein oder mehrere Merkblätter beim Einzug dienen als Persuasions- und Informationsmittel zur Zerstreuung von Befürchtungen und Erklärung von energieoptimierten Verhaltensweisen.  Dieses Instrument wirkt bei entsprechender Gestaltung bei allen Energieverwendungszwecken.
Einfach Anleitungen	Anleitungen für Maschinen (Waschmaschine, Tumbler), welche sehr einfach gehalten sind und deren effiziente Nutzung so veranschaulicht, dass dies innert weniger Sekunden (gegebenenfalls mit den dazugehörigen technischen Hilfsmitteln (z.B. Gewichtsangabe beim Befüllen) zu bewerkstelligen ist. Die Anleitungen sind direkt bei den Maschinen zu positionieren.
Individuelle Beratung	Die individuelle Beratung ist als Angebot gedacht, welche die Personen nicht in Anspruch nehmen müssen. Sie dient zur Vertiefung und Individualisierung der Informationen in den Merkblättern.  Dieses Instrument wirkt bei allen Energieverwendungszwecken.
Redaktion Push-Meldungen (nur für Gruppe mit 'Technik Plus')	Generelle Push-Meldungen an alle MieterInnen der Experimentalgruppe zu aktuellen (Energie)Themen und Handlungsanleitungen zu mehr Energieeffizienz oder ähnlichen Themen (Suffizienz, Mobilität, Ernährung etc.). Diese Meldungen wirken bei allen Verwendungszwecken.

Tabelle 26: Paket 'Kommunikation Plus': Zusammenstellung der einzelnen Instrumente

Die Auswahl der Instrumente, welche in der Hauptstudie eingesetzt werden sollen, ist mit der CS REAM abgesprochen. Letztlich ist die Besitzerin der Immobilien für die Auswahl und Umsetzung der Instrumente verantwortlich. Aus diesem Grund sind im Laufe der Detailplanung noch Änderungen möglich. Auf jeden Fall müssen die ausgewählten Instrumente in der Konzeptionsphase der Hauptstudie noch konkretisiert werden.

## Anhang 1: Zuordnung von Instrumenten zu den Hemmnissen

Die folgende Tabelle enthält alle spezifischen Hemmnisse sowie alle sehr relevanten übergeordneten Hemmnisse gemäss der systematischen Hemmnisanalyse im Bericht zur Vorstudie, Kapitel 6.

In der linken Spalte sind die Hemmnisse sortiert nach Energie-Verwendungszweck und Zielverhaltensweise aufgelistet.

In der mittleren Spalte sind die Instrumente aufgelistet, welche zur Abschwächung oder Eliminierung der Hemmnisse dienen.

Die Spalte ganz rechts gibt an, ob das Instrument zu den technischen Instrumenten (T+) oder zu den Kommunikationsinstrumenten (K+) gehört.

Ein einzelnes Instrument kann mehrere Hemmnisse oder ein gleiches Hemmnis bei mehreren Zielverhaltensweisen ansprechen. Die Instrumente können sich deshalb in dieser Tabelle wiederholen.

Verwendungszwecke/ Zielverhaltensweisen / Hemmnisse	Instrumente	Kat.
<b>Verwendungszweck-übergeordnet</b>		
Fehlende Verantwortungsübernahme	Gegenseitige Zielvereinbarung Verwaltung/Mieter	K+
	Hinweise auf andere ähnliche energieeffiziente Siedlungen, gute Beispiele	K+
Fehlendes Handlungswissen	Einfache Anleitung erstellen und bei den Maschinen platzieren	K+
	In Push-Meldungen integrierte Handlungsanweisungen	T+
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	Abrufbare Feedbacks über den Strom- und Warmwasserverbrauch mit Vergleichsmöglichkeiten zwischen Zeitperioden	T+
	Push-Meldungen über Zustände mit Handlungsanweisungen	T+
	Merkblätter und Angebot der individuellen Beratung vor dem Einzug um Gewohnheiten vor dem Einziehen zu durchbrechen.	K+
	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
<b>Verwendungszweck: Raumwärme</b>		
<b>Raumtemperatur reduzieren</b>		
Befürchtungen über Komfortverlust (Nachregulieren, Kälte, Kleider)	Argumentative Persuasion im Rahmen der Merkblätter, der Selbstverpflichtung und der individuellen Beratung	K+
	Merkblatt beim Einzug mit Verhaltensanweisungen mit Angebot der individuellen Beratung	K+
	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
Befürchtungen sozialer Art (Gäste, Mitbewohnende, Vermieter)	Argumentative Persuasion im Rahmen der Merkblätter, der Selbstverpflichtung und der individuellen Beratung	K+
	Feedback-Button an Verwaltung via App (wie Erlenmatt)	T+
Möbel zu schwer, keine Hilfe bei Umstellung	Angebot der individuellen Beratung vor dem Einzug (via Merkblatt)	K+
Abmessungen der Möbel, Raumlayout lassen keine bessere Möblierung zu.	Angebot der individuellen Beratung vor dem Einzug (via Merkblatt)	K+
Bauliche Gegebenheiten, Anordnung der Bedienelemente erschweren Zugänglichkeit und Bedienbarkeit	Zentrale Bedienung der Thermostaten via App	T+
Schwere Zugänglichkeit der Thermostaten	Zentrale Bedienung der Thermostaten via App	T+
Verteilte Bedienstellen	Zentrale Bedienung der Thermostaten via App	T+

Verwendungszwecke/ Zielverhaltensweisen / Hemmnisse	Instrumente	Kat.
Übergeordnete Steuerung wirkt störend	Kein Instrument	RB
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	Raumwärme/Lüftung: Automatische Push-Meldung, wenn nicht mehr im Effizienz-Bereich mit Handlungsanweisung via App. (oder Anzeige-Zentrale im Haus).	T+
	Push-Meldung, wenn niemand mehr im Haus ist und Vorgabetemperatur nicht reduziert wurde.	T+
	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
<b>Solareinstrahlung zulassen</b>		
Fehlende Privatsphäre	keine Instrumente möglich.	---
Zu hoher Licht- und Wärmeeintrag	Merkblatt/Checkliste zur Wohnungseinrichtung vor Einzug mit Angebot der individuellen Beratung vor dem Einzug	K+
Hoher zeitlicher Aufwand	Elektrische Bedienung via App	T+
Zugänglichkeit zu Storenbedienung durch Einrichtung erschwert	Elektrische Bedienung der Storen (in Zürich und Wädenswil; in Wädenswil via App)	T+
Keine Besonnung der Fenster durch äussere Verbauung.	Kein Instrument: keine Einflussmöglichkeiten mehr.	RB
Übergeordnete Steuerung schliesst Storen bei Sonnenschein im Winter	Push-Meldung, wenn Storen geschlossen im Winter in Abhängigkeit der Temperatur und der Sonneneinstrahlung.	T+
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	Push-Meldung, wenn Storen geschlossen im Winter in Abhängigkeit der Temperatur und der Sonneneinstrahlung via App (oder Anzeige-Zentrale im Haus)	T+
	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
<b>Lüftungsverluste reduzieren</b>		
Befürchtungen über Sauerstoff/CO <sub>2</sub> /Temperatur	Raumwärme/Lüftung: Automatische Push-Meldung, wenn nicht mehr im Komfort-Bereich und/oder im ungesunden Bereich mit Handlungsanweisung via App. (oder Anzeige-Zentrale im Haus) (Zustandsanzeige)	T+
Zugänglichkeit Fenster erschwert	Merkblatt/Checkliste zur Wohnungseinrichtung vor Einzug mit Angebot der individuellen Beratung vor dem Einzug	K+
	Merkblatt beim Einzug mit Verhaltensanweisungen mit Angebot der individuellen Beratung	K+
Undichte Fenster/Gebäudehülle.	Kein Instrument, muss garantiert sein	RB
Fenster lassen sich nicht voll öffnen	Merkblatt/Checkliste zur Wohnungseinrichtung vor Einzug mit Angebot der individuellen Beratung vor dem Einzug	K+
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	In Handlungsanweisungen in der Push-Meldung integrieren ('keine Fenster gekippt?')	T+
	Automatische Warnung wenn Fenster länger als (z.B. 30') gekippt via App (oder Anzeige-Zentrale im Haus)	T+
	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
<b>Verwendungszweck: Warmwasserbezug (alle Zielverhaltensweisen)</b>		
Befürchtungen über mangelnde Hygiene	Merkblatt beim Einzug mit Verhaltensanweisungen mit Angebot der individuellen Beratung (auch mit Hinweisen zu positiven gesundheitlichen Folgen der Kaltwassernutzung)	K+
Befürchtungen über mangelnden Komfort	Amphiro (Ausnützung des moralischen Motivs)	T+
Mangelnde Verantwortungsübernahme	Amphiro (Ausnützung des moralischen Motivs)	T+
Untaugliche Mischbatterie bzw. Drehhähnen.	Kein Instrument, muss garantiert sein	RB
Schlechte Regeleigenschaften für	Kein Instrument, muss garantiert sein	RB

Verwendungszwecke/ Zielverhalten / Hemmnisse	Instrumente	Kat.
stabile Mischtemperatur		
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	Amphiro = Verhaltensfeedback am Ort des Handelns.	T+
	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
	Mischbatterien mit Nudging-Ansätzen (Mechanischer Schwellenwert; Warmwasser-Zumischung erst ab Mittelstellung)	T+
<b>Verwendungszweck: Haushaltsstrom</b>		
<b>Wäschemenge reduzieren</b>		
Befürchtungen über mangelnde Hygiene und eingeschränkten Abwechslung im Kleiderstil	Vorsichtig zu prüfen: Merkblatt beim Einzug mit Verhaltensanweisungen mit Angebot der individuellen Beratung. ACHTUNG: keine Hygiene- oder Stilberatung durch Energieleute oder Verwaltung.	K+
	Sonst: keine Instrumente	---
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
<b>Energieeffizient waschen und Tumblernutzung</b>		
Anleitung für optimiertes Waschen mit der spezifischen Maschine fehlt (techn. Hemmnis)	Einfache Anleitung erstellen und bei den Maschinen platzieren	K+
Befürchtungen über zu lange Waschenzeiten und über ungenügende Hygiene	Merkblatt beim Einzug mit Verhaltensanweisungen mit Angebot der individuellen Beratung (auch mit Hinweisen zu positiven gesundheitlichen Folgen der Kaltwassernutzung)	K+
Anleitung für optimiertes Waschen mit der spezifischen Maschine fehlt	Einfache Anleitung erstellen und bei den Maschinen platzieren	K+
Maschine kann nicht optimiert eingestellt werden.	Kein Instrument. Sichergestellt durch höchstes Energieeffizienz-Label	RB
Maschine ist generell ineffizient.	Weisse Ware mit höchstem Energieeffizienz-Label	RB
Anleitung für optimiertes Trocknen mit der spezifischen Maschine fehlt	Einfache Anleitung erstellen und bei den Maschinen platzieren	K+
Maschine lässt sich nicht optimiert einstellen.	Kein Instrument. Das ist selbstverständlich durch höchstes Energieeffizienz-Label	RB
Zu hoher Zeitaufwand (Anleitung lesen)	Einfache Anleitung erstellen und bei den Maschinen platzieren	K+
Maschine ist generell ineffizient.	Weisse Ware mit höchstem Energieeffizienz-Label	RB
Verantwortungsübernahme	siehe Verwendungszweck-übergeordnet. (Zielvereinbarung, Hinweise auf andere ähnliche Siedlungen, gute Beispiele)	K+
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+
	Maschinen mit Feedback über:	T+
	- Füllgewicht während des Einfüllens, - Feedback über errechneten Stromverbrauch, Info über Reduktionsmöglichkeiten	
	Pro Maschine: energieoptimierte Default-Einstellungen pro Programm	T+
<b>Wäsche an der Luft trocknen</b>		
Trocknungsraum/-platz fehlt	Kein Instrument, bauliche Massnahme	RB
Zu wenig Platz in der Wohnung	Merkblatt/Checkliste zur Wohnungseinrichtung vor Einzug mit Angebot der individuellen Beratung vor dem Einzug	K+
Zu kalter oder zu feuchter Trocknungsraum	Kein Instrument, bauliche Massnahme.	RB
Keine Wäscheklammern	Kein Instrument (nicht relevant).	RB

Verwendungszwecke/ Zielverhalten / Hemmnisse	Instrumente	Kat.
Beim Trocknen ganzer Ladungen in der Wohnung ist erhöhter Luftwechsel zur Abfuhr der Feuchte erforderlich -> erhöhter Lüftungsverlust	Merkblatt beim Einzug mit Verhaltensanweisungen mit Angebot der individuellen Beratung (auch mit Hinweisen zum Trocknen in der Wohnung)	K+
Beleuchtung und Geräte ausschalten, wenn unbenutzt.		
Erschwerte Zugänglichkeit der Geräte	Zentrale One-Touch-Abschaltung des Stroms zu den Geräten mittels App (oder geschaltete Steckleisten)	T+
Aufwand für Ein- und Ausschalten	dito	T+
Gelöschte Programmierung wenn ausgeschaltet	Differenziert geschaltete Steckleisten	T+
	Möglichkeit, einzelne Steckdosen oder gar einzelne Geräte in die zentrale Ab- und Anschaltmöglichkeit aufzunehmen	T+
Vergessen, fehlende Disziplin, Gewohnheiten	Push-Meldung, wenn bei den geschalteten Geräten Strom läuft, wenn nicht zu Hause	T+
	Zeitlich befristete Selbstverpflichtung (über alle Verwendungszwecke mit Ankreuzen, zu welchen Handlungen man sich zeitlich begrenzt selbst verpflichtet)	K+



## Anhang 2: Verwendete Literatur

- Aarts, H., Verplanken, B. & van Knippenberg, A. (1998). Predicting behavior from actions in the past: repeated decision making or a matter of habit? *Journal of Applied Social Psychology*, 28, 1355-1374.
- Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, 3/25, S. 273–291.
- Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. Some unresolved issues. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179-211.
- Artho J., Jenny A. & Karlegger A. (2012) Wissenschaftsbeitrag. Energieforschung Stadt Zürich. Bericht Nr. 06, Forschungsprojekt FP-1.4. Online: <http://www.energieforschung-zuerich.ch>.
- Bundesamt für Energie BFE (2014), Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2013 nach Verwendungszwecken.
- Degen, K., Efferson, C., Frei, F., Goette, L. & Lalive, R. (2013). Smart Metering, Beratung oder sozialer Vergleich. Was beeinflusst den Elektrizitätsverbrauch. Bern/Zürich: Bundesamt für Umwelt, BAFU/Elektrizitätswerk der Stadt Zürich ewz.
- EKZ (2011). Medienmitteilung Pilotprojekt Smart Metering. 10.8.2011
- Hacke U. (2009). Thesenpapier: Nutzerverhalten im Mietwohnbereich. Institut Wohnen und Umwelt GmbH. Darmstadt, 29. URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/Nutzer/PM\\_21-9-9\\_Thesen.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Nutzer/PM_21-9-9_Thesen.pdf). Stand: 28.4.15.
- Hunecke, M. (2000). Ökologische Verantwortung, Lebensstile und Umweltverhalten. Heidelberg. In: D. Rink (Hg.): *Lebensstile und Nachhaltigkeit. Konzepte, Befunde, Potenziale* (S. 53-57). Opladen: Leske + Budrich.
- Korte W.B. (2013). Saving Energy in Social Housing with ICT. eSESH-Final Report. empirica Gesellschaft für Kommunikations- und Technologieforschung mbH. [www.esesh.eu](http://www.esesh.eu).
- Lossin F, Loder A, Kozlowsky I, Staake T. (2015) Bonusmodelle für energieeffiziente Haushalte: Umsetzung und Bewertung des Energieeffizienzportals smartsteps. Energieforschung Zürich
- Ouellette, J. A. & Wood, W. (1998). Habit and intention in everyday life: The multiple processes by which past behavior predicts future behavior. *Psychological Bulletin*, 124, 54-74.
- RWTH Aachen, E.ON ERC, FCN (2015). Analyse des Nutzerverhaltens in energieeffizienten Wohngebäuden. Pilotprojekt der Forschung für die energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt). URL: <http://www.eneff-stadt.info/de/pdf/pilotprojekte/projekt/details/analyse-des-nutzerverhaltens-in-energieeffizienten-wohngebaeuden/>. Stand: 2.4.15.
- Schwartz, S. H. (1977). Normative Influences on altruism. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology* (pp. 186-211). New York: Academic Press.
- Sheridan, Thomas B., Ferrell, William R. (1974): *Man-Machine Systems: Information, Control and Decision Models of Human Performance*. Cambridge: MIT Press
- SIA 380/1, Thermische Energie im Hochbau, Schweizer Norm SN 520 380/1
- Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2011). Schlussbericht Nutzerverhalten beim Wohnen. Analyse, Relevanz und Potenzial von Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs (Effizienz und Suffizienz). Zürich, 2011.
- Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2012). Grundlagen zu einem Suffizienzpfad Energie. Das Beispiel Wohnen. Zürich, 2011.
- Wagnitz M. (2014). Schlussbericht NutzTech. Ausrichtung der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik an den Bedürfnissen der Nutzer im Wohnungsbau unter Zugrundelegung von Wohnkonzepten. Fraunhofer IRB Verlag.

## Weitere, gesichtete Literatur

- Allemann T., Senn R. (2012). Ecoplace: Einfach intelligent wohnen. In: Schweizer Energiefachbuch, 213. URL: [http://www.ecoplace.ch/media/589/a\\_213\\_Januar\\_Artikel-im-Schweiz\\_Energiefachbuch\\_13.pdf](http://www.ecoplace.ch/media/589/a_213_Januar_Artikel-im-Schweiz_Energiefachbuch_13.pdf). Stand: 2.2.15.
- BENEnergy (2014): Wir begeistern für Energieeffizienz. URL: [www.ben-energy.com](http://www.ben-energy.com). Stand: 28.4.15.
- Brosch T. (2014). Psychologische Aspekte der Nachhaltigkeit. In: Bulletin SAGW. Geistes- und sozialwissenschaftliche Aspekte der nachhaltigen Ressourcennutzung. April 2104, S.42-43.
- Brosch, T., Patel, M. K., & Sander, D. (2014). Affective influences on energy-related decisions and behaviors. In: *Frontiers in Energy Research*, 3/214. URL: [http://cms.unige.ch/fapse/EmotionLab/pdf/Brosch%20et%20al.%20\(214\)%20Affective%20influences%20on%20energy-related%20decisions%20and%20behaviors.pdf](http://cms.unige.ch/fapse/EmotionLab/pdf/Brosch%20et%20al.%20(214)%20Affective%20influences%20on%20energy-related%20decisions%20and%20behaviors.pdf). Stand: 28.4.15.
- CORDIS (2013). Feature Stories - Energiebewusst bedeutet energieeffizient. Europäische Kommission. URL: [http://cordis.europa.eu/result/rcn/91632\\_de.html](http://cordis.europa.eu/result/rcn/91632_de.html). Stand: 28.4.15.
- EFZ(2013). Bonusmodelle für energieeffiziente Haushalte (FP-1.9). Laufende Projekte. URL: <http://www.energieforschung-zuerich.ch/index.php?id=21>. Stand: 2.2.215.
- E|Home-Center(2015-1): Intelligente Kombination von Heizsystemen für Wohnräume zum behaglichen und netzverträglichen Heizen mit regenerativen Energien. URL: <http://www.ehome-center.de/forschung/forschungsprojekte/aktuell/ir-infrarotheizung.html>. Stand: 29.4.15.
- E|Home-Center(2015-2): Dezentrale Steuerung im privaten Wohnen mittels intelligenter Sensoren und OPC UA auf Basis der Paradigmen von Industrie 4.. URL: <http://www.ehome-center.de/forschung/forschungsprojekte/aktuell/opc-ua.html>. Stand: 28.4.15.
- E|Home-Center(2015-3): Entwicklung eines Demand Side Management Tools für den Smart Home Nutzer. URL: [http://www.ehome-center.de/stellenangebote/studentische-arbeiten-stellen/fs\\_dsmt.html](http://www.ehome-center.de/stellenangebote/studentische-arbeiten-stellen/fs_dsmt.html). Stand: 28.4.15.
- ENERSip (2010). Energy saving information platform for generation and consumption networks. URL: <http://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/4/247624/8/publishing/readmore/ENERSipBrochure-vfinal.pdf>. Stand: 28.4.15.
- Franke J. (2014). E|Home-Center. Bayerisches Technologiezentrum für privates Wohnen: Zwischenbericht Februar 214. Erlangen. URL: [http://www.faps.de/cms/upload/aktuelles/neuigkeiten/pdf/E\\_Home\\_Zwisch\\_1i.pdf](http://www.faps.de/cms/upload/aktuelles/neuigkeiten/pdf/E_Home_Zwisch_1i.pdf). Stand: 18.2.15.
- Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik Kaiserslautern (2012). Energiemanagement für Mietwohnungen mit Open-Source Smart Metern. URL: <http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Energiemanagement-für-Mietwohnungen-mit-Open-Source-Smart-Metern/21383584>. Stand: 29.4.15.
- innovation & energie (2009). Den schlafenden Riesen wecken. Strategische Aspekte zum "Faktor Mensch" bei der Energieverbrauchsreduzierung. In: Das Magazin der EnergieAgentur.NRW 2/29.
- Klapproth A. (2013). Die Forschung hilft beim Strom sparen. In: klimafreundlich 2/213, S. 22-23. URL: [http://www.ihomelab.ch/fileadmin/Dateien/PDF/Publikationen/213/21311\\_Magazin%20Klimafreundlich\\_P2\\_21.pdf](http://www.ihomelab.ch/fileadmin/Dateien/PDF/Publikationen/213/21311_Magazin%20Klimafreundlich_P2_21.pdf). Stand: 29.4.15.
- Knüsel K. (2013). Technik braucht Mensch. Monitoring- und Feedbacksysteme im Praxistest. In: WOHNEN 1/213, S.14-16. URL: [http://www.wbg-schweiz.ch/data/wohnen\\_213-1\\_14\\_16\\_6939.pdf](http://www.wbg-schweiz.ch/data/wohnen_213-1_14_16_6939.pdf). Stand: 29.4.15.
- Mack, B., & Tampe-Mai, K. (2012). Konzeption, Diskussionsleitfaden und Stimuli einer Fokusgruppe am Beispiel eines BMU-Projekts zur Entwicklung von Smart Meter Interfaces und begleitenden einführenden Maßnahmen zur optimalen Förderung des Stromsparens im Haushalt. In *Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 66-87.

- Matthies E. (2013). Nutzerverhalten im Energiesystem. Erkenntnisse und Forschungsfragen aus der Psychologie. Universität Magdeburg. In: Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis, 22 (2), S. 36-42.
- Matthies, E. (2013). Verändertes Nutzerverhalten als Potenzial für die Verringerung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen - Beiträge und Forschungsfragen aus psychologischer Perspektive. In: Schweizer-Ries, P., Hildebrand, J. & Rau I. (Eds.): Klimaschutz & Energienachhaltigkeit. Die Energiewende als sozialwissenschaftliche Herausforderung. Saarbrücken: universaar, S. 87–14.
- Tichelmann K. (2011). energy+ Home 2011. Solution for CO<sub>2</sub>-emission free energy of existing buildings. "Bauen im Bestand" - Plusenergiehaus ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen". Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur. URL: [http://www.riedundsohn.de/files/energy+home211\\_rhein-main\\_v15\\_211-12-23.pdf](http://www.riedundsohn.de/files/energy+home211_rhein-main_v15_211-12-23.pdf). Stand: 18.2.15.
- Tsafack, I. W. K., Christian, A., Naumann, S., Gollmer, K., Ebner, I., Michels, R., ... & Groÿ, B. (2013). Resource Efficiency in Buildings through Automation and User Integration (REGENA1). In: EnviroInfo213 Environmental Informatics and Renewable Energies. 27th International Conference on Informatics for Environmental Protection, Hamburg. S. 484-491.
- TU Darmstadt, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen (2014). Steigerung der Motivation für energieeffizientes Verhalten auf Grundlage von Smart Metering Daten und Serious Gaming Methoden (SmartER Game). URL: [http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Steigerung-der-Motivation-für-energieeffizientes-Verhalten-auf-Grundlage-von-Smart-Metering-Daten-und-Serious-Gaming-Methoden-\(SmartER-Game\)/21511](http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Steigerung-der-Motivation-für-energieeffizientes-Verhalten-auf-Grundlage-von-Smart-Metering-Daten-und-Serious-Gaming-Methoden-(SmartER-Game)/21511). Stand: 28.4.15